

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

**ESTUDIOS SOBRE SEMILLAZÓN, BANCO DE SEMILLAS Y RECLUTAMIENTO
DE PLÁNTULAS EN MEJORAMIENTOS DE CAMPO DE *LOTUS CORNICULATUS*
Y *TRIFOLIUM REPENS*.**

por

**Carlos MACHADO MORENO
Ismael NUÑEZ FERREIRA CHAVES**

**TESIS ~~presentada~~ como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo.
(Orientación Agrícola- Ganadera)**

**Montevideo
URUGUAY
2002**

PÁGINA DE APROBACIÓN

Tesis aprobada por:

Director:

Ing. Agr. Ph.D. Walter Ayala

Ing Agr. Ramiro A. Zanoniani

Ing. Agr. M. Sc. Enrique A. Moliterno

Fecha:

Autor

Carlos Humberto Machado Moreno

Ismael Gregorio Nuñez Ferreira Chaves

AGRADECIMIENTOS

A Walter, Raúl y Milton, obviamente.

A Sergio y Jose Luis.

A todo el personal de Pasturas de INIA Treinta y Tres.

A todos los demás funcionarios, por la paciencia y ...

"...a toda esa gente que no precisa un camino nuevo para llegar a la memoria...".

DEDICATORIA

A los viejos, que nos bancaron durante miles de años.

A los familiares y amigos, en este mundo.

A los familiares y amigos, en el otro.

TABLA DE CONTENIDOS

	Página N°
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
1 <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2 <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	2
2.1 <u>PROBLEMAS DE PERSISTENCIA EN TRÉBOL BLANCO Y LOTUS</u>	2
2.1.1 <u>Factores ambientales abióticos</u>	3
2.1.1.1 Nutrientes del suelo.....	3
2.1.1.2 Agua.....	5
2.1.1.3 Temperatura.....	6
2.1.1.4 Acidez.....	7
2.1.2 <u>Factores ambientales bióticos</u>	8
2.1.2.1 Plagas y enfermedades.....	8
2.1.2.2 Competencia.....	10
2.1.2.3 Alelopatías.....	11
2.1.3 <u>Factores de manejo</u>	11
2.1.3.1 Pastoreo.....	12
2.1.3.2 Fertilización.....	14
2.2 <u>BANCO DE SEMILLAS</u>	15
2.2.1 <u>Definición</u>	15
2.2.2 <u>Clasificación</u>	15
2.2.3 <u>Modelos y dinámica</u>	16
2.2.4 <u>Dormancia y tipos</u>	18
2.2.5 <u>Longevidad de semillas</u>	20
2.2.6 <u>Factores ambientales para romper dormancia</u>	21
2.3 <u>RECLUTAMIENTO</u>	21
2.3.1 <u>Factores que afectan la germinación</u>	21
2.3.1.1 Agua.....	22
2.3.1.2 Temperatura.....	23
2.3.1.3 Gases.....	23
2.3.1.4 Luz.....	23
2.3.1.5 Animales.....	24
2.3.2 <u>Dinámica de reclutamiento y sobrevivencia de plántulas</u>	24
2.4 <u>SEMILLAZÓN</u>	26
2.5 <u>COMENTARIOS FINALES</u>	29

3	<u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	31
3.1	<u>UBICACIÓN</u>	31
3.2	<u>TRATAMIENTOS</u>	31
3.3	<u>VARIABLES ESTUDIADAS</u>	32
3.3.1	<u>Producción de semillas</u>	32
3.3.2	<u>Determinación del banco de semillas del suelo</u>	32
3.3.3	<u>Reclutamiento de plántulas</u>	34
3.3.3.1	<u>Evaluación de emergencias</u>	34
3.3.3.2	<u>Sobrevivencia</u>	34
4	<u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	35
4.1.	<u>PARÁMETROS CLIMÁTICOS</u>	35
4.2.	<u>PRODUCCIÓN DE SEMILLAS</u>	37
4.2.1	<u>Componentes del rendimiento</u>	38
4.2.2	<u>Patrones de semillazón</u>	41
4.2.3	<u>Discusión</u>	44
4.3.	<u>BANCO DE SEMILLAS DEL SUELO</u>	47
4.3.1	<u>Discusión</u>	49
4.4.	<u>EMERGENCIA DE PLÁNTULAS</u>	53
4.4.1	<u>Emergencia en condiciones controladas durante el año 1998</u>	53
4.4.2	<u>Resultados de emergencia a campo</u>	55
4.4.2.1	<u>Resultados del año 1999</u>	55
4.4.2.2	<u>Resultados del año 2000</u>	56
4.4.3	<u>Discusión</u>	62
4.5.	<u>SOBREVIVENCIA DE PLÁNTULAS</u>	64
4.5.1	<u>Discusión</u>	66
5	<u>CONCLUSIONES</u>	67
6	<u>IMPLICANCIAS PARA FUTURAS INVESTIGACIONES</u>	69
7	<u>RESUMEN</u>	70
8	<u>SUMMARY</u>	71
9	<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	72

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro N°	Página N°
1. Tipos, causas y características de la dormancia en semillas.....	19
2. Algunos parámetros climáticos registrados en la Unidad Experimental Palo a Pique durante La serie 1992-2000.....	36
3. Producción anual de semillas (g/m ²) de <i>Lotus corniculatus</i> y Trébol blanco en mezcla bajo diferentes estrategias e intensidades de defoliación durante dos años.....	37
4. Inflorescencias/m ² (I), semillas viables/m ² (S) y peso de mil semillas (P) de <i>Lotus corniculatus</i> y Trébol blanco en mezcla bajo diferentes estrategias e intensidades de defoliación durante dos años.....	39
5. Banco de semillas del suelo y peso de mil semillas en tapices mezcla de <i>Lotus corniculatus</i> y Trébol blanco bajo diferentes estrategias e intensidades de defoliación durante dos años.....	48
6. Emergencia de plántulas (N°/m ²) y porcentaje de emergencia a partir del banco de semillas del suelo en tapices mezcla de <i>Lotus corniculatus</i> y Trébol blanco bajo diferentes estrategias e intensidades de defoliación entre Marzo y Agosto de 1999.....	55
7. Emergencia de plántulas (N°/m ²) y porcentaje de emergencia a partir del banco de semillas del suelo en tapices mezcla de <i>Lotus corniculatus</i> y Trébol blanco bajo diferentes estrategias e intensidades de defoliación entre Marzo y Agosto del 2000.....	56
8. Significancia de diferentes variables climáticas asociadas a las ondas de emergencia de plántulas de <i>Lotus corniculatus</i> y Trébol blanco durante el período Marzo-Agosto del 2000.....	61
9. Sobrevivencia de plántulas de <i>Lotus corniculatus</i> y Trébol blanco en cinco ondas diferentes desde Marzo hasta Agosto del 2000.....	64

Figura N°	Página N°
1. Diagrama representativo de la dinámica del banco de semillas del suelo.....	17
2. Metodología de laboratorio para la cuantificación del banco de semillas en el suelo.....	33
3. Balance hídrico del período Junio de 1999 a Febrero del 2000 en la Unidad Experimental Palo a Pique.....	36
4. Patrones de semillazón de <i>Lotus corniculatus</i> (g/m ²) en dos veranos, afectados por las estrategias de defoliación (a) y por la intensidad de defoliación (b).....	42
5. Patrones de semillazón de Trébol blanco (g/m ²) en dos veranos, afectados por las estrategias de defoliación (a) y por la intensidad de defoliación (b).....	43
6. Evolución durante tres años del banco de semillas de a) <i>Lotus corniculatus</i> bajo diferentes estrategias de defoliación, b) <i>Lotus corniculatus</i> bajo diferentes intensidades de defoliación, c) Trébol blanco bajo diferentes estrategias de defoliación, y d) Trébol blanco bajo diferentes intensidades de defoliación.....	52
7. Patrones de emergencias de plántulas de (a) <i>Lotus corniculatus</i> , (b) Trébol blanco y (c) Parámetros climáticos evaluados en condiciones controladas de campo entre Junio y Diciembre de 1998.....	54
8. Patrones de emergencia de plántulas evaluados en condiciones de campo de a) <i>Lotus corniculatus</i> , b) Trébol blanco y c) Parámetros climáticos entre Marzo y Agosto del 2000.....	57
9. Muestreo de emergencia de plántulas de <i>Lotus corniculatus</i> realizado el 11 de abril del 2000, bajo dos estrategias de pastoreo (sin alivio S1 y con alivio S2 para semillar) y dos alturas de defoliación (4 y 10 cm).....	58
10. Evolución de las emergencias de <i>Lotus corniculatus</i> de Marzo a Agosto del 2000 en dos estrategias de pastoreo contrastantes (S1 y S2).....	58
11. Evolución de la emergencia de plántulas de Trébol blanco de Marzo a Agosto del 2000 para dos estrategias de pastoreo contrastantes, sin y con descanso para semillar (S1 y S2)	59

12. Evolución de las emergencias de Trébol blanco de Marzo a Agosto del 2000 bajo dos intensidades de defoliación contrastantes (4 y 10 cm).....60
13. Patrones de sobrevivencia de plántulas de a) *Lotus corniculatus* y b) Trébol blanco entre Marzo y Octubre del año 2000.....65

1 INTRODUCCIÓN.

En nuestro país y particularmente en la Región Este el uso de mejoramientos de campo adquiere fundamental importancia desde el punto de vista productivo y ambiental.

Esta tecnología resulta ventajosa al considerar la disminución de los costos de implantación, alcanzando niveles productivos de alto impacto. Este sistema plantea además la posibilidad de incluir nuevas especies en el tapiz nativo sin alto riesgo de degradación de la comunidad vegetal, dejando abierta la posibilidad de regresión a su estado original, situación muy diferente a la observada en la regresión de praderas convencionales donde generalmente se generan grandes enmalezamientos.

En la Región Este estos aspectos generales se suman a las particularidades de suelo y topografía donde el uso de herramientas de labranza primaria ocasionaría problemas erosivos, con la consecuente pérdida de propiedades físicas y químicas de los suelos. Por este motivo en la región se ha recomendado la implantación de pasturas mediante técnicas poco agresivas como coberturas, laboreo mínimo o siembra directa.

Sin embargo el problema de la persistencia de las especies introducidas, - tan importante en praderas convencionales - no deja de ser considerable en siembras de mejoramientos de campo, aunque haya mayor equilibrio en la comunidad.

Dentro de las especies leguminosas más utilizadas, *Lotus corniculatus* y *Trifolium repens* presentan conocidos problemas de persistencia. El Trébol blanco individualmente no sobrevive a las sequías de verano, cuando la raíz principal desaparece y los estolones dependen de sus raíces adventicias, demasiado superficiales e ineficientes. Por su parte, el Lotus es atacado por un complejo de enfermedades a nivel de raíz y corona lo que compromete la sobrevivencia individual mas allá del segundo o tercer año.

Esto nos lleva a entender que la persistencia de un mejoramiento de campo depende fundamentalmente del proceso de semillazón, del banco que se origina en el suelo como consecuencia de éste y la dinámica poblacional consecuente.

Este trabajo se orienta a tratar la necesidad de extender la vida productiva de los mejoramientos de campo. La evaluación de tres factores básicos como son la producción de semilla, la evolución del banco de semillas, y la dinámica del reclutamiento de plántulas dan origen al presente estudio.

2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

2.1 PROBLEMAS DE PERSISTENCIA EN TRÉBOL BLANCO Y LOTUS.

La mayoría de las definiciones de persistencia, se refieren al mantenimiento de la composición botánica de una pastura durante determinado tiempo (Reed, 1987, Smith, 1989, Barnes et al., 1992 y Collins, 1995, citados por Bologna, 1996). Tothill (1978), y Barnes et al. (1992) agregan la habilidad relativa de especies forrajeras para resistir la presión medioambiental, sobreviviendo a la defoliación en el ámbito individual o poblacional.

Sin embargo una definición generalmente aceptada de persistencia fue dada por Sheath (1989) cuando se logra un equilibrio poblacional que permite un óptimo de las expectativas económicas, productivas y/o culturales del ecosistema pastoril.

Clements (1989) sugiere que la persistencia está referida al número de plantas y no al rendimiento. No obstante existe un nivel mínimo en que el número de plantas y rendimiento están correlacionados y pasa a tener trascendencia la persistencia porque influye en el rendimiento y la estabilidad. La incorporación de un concepto de rendimiento es posible, pero el número de plantas debe ser el punto principal. Por eso una visión demográfica de la persistencia puede resultar sumamente útil.

En el Uruguay según García (1992) la interacción de factores diversos como: clima, variedades, enfermedades y plagas, fertilidad, manejo y competencia, constituyen los principales problemas que afectan la persistencia de leguminosas. Estos problemas se acentúan luego del segundo año de producción de las pasturas sembradas, disminuyendo significativamente su aporte de materia seca (Risso et al., 1990; Labandera et al., 1990).

En cambio, Millot et al. (1987) mencionan buena persistencia (5 a 6 años) para mejoramientos de campo con Trébol blanco sobre suelos de las unidades Bañado de Oro y Sierras de Polanco. Sheath et al. (1989) en su informe sobre estabilidad de pasturas en Uruguay coinciden en haber encontrado mejoramientos en cobertura de 7 años en excelentes condiciones donde se habían realizado manejos básicos de fertilización y pastoreo, factores que incidirían favorablemente en la persistencia.

También Carámbula (1996) menciona para las especies disponibles del género Lotus muy buena persistencia por resiembra natural (*L. corniculatus*, *L. subbiflorus*, *L. temuis*) o por multiplicación vegetativa (*L. pedunculatus*). Una planta rizomatosa como esta última invierte una proporción alta de nutrientes en el sistema radicular y una menor proporción en el sistema reproductivo, contrastando con una especie anual como *Lotus subbiflorus*, donde se asignan recursos principalmente al sistema reproductor como

estrategia de persistencia (Olmos, 1996). *Lotus corniculatus* aparece en una posición intermedia, pero el desarrollo de un nuevo tipo de material genético rizomatoso genera nuevas expectativas en términos de las condiciones de persistencia para esta especie (Ayala, 2001).

Millot (1987), Olmos (1994) y Risso (1998) afirman, basados en información obtenida en experimentos y predios comerciales que las leguminosas perennes mejor adaptadas a los mejoramientos de campo son el *Lotus corniculatus* (cultivares San Gabriel y Ganador), con buen establecimiento, persistencia y producción de semilla (Bembaja, 1996), y *Trifolium repens* (cultivares Zapicán y Bayucúa), comportándose en forma diferencial según tipo de suelo y manejo.

La persistencia del Trébol blanco es dependiente de la propagación vegetativa a través del desarrollo de estolones y su reemplazo. Durante el invierno, más de 90% de los estolones puede enterrarse, por pisoteo y actividad de la lombriz de tierra, mientras en primavera y verano nuevos estolones se establecen en la superficie. En verano, la masa de estolones aumenta hasta un equilibrio entre la formación de los nuevos y la muerte de los viejos. Este equilibrio permanece hasta el fin del invierno (Hay, 1988, citado por Caradus et al., 1995).

El cierre prolongado de Setiembre a Mayo puede producir un cambio en las características morfológicas del Trébol blanco en el tapiz. Algunos estudios muestran luego de cuatro años un aumento en el largo total de estolones (98.1 m/m^2) frente a otros tratamientos, así como también aumento en el peso de los estolones y un mayor número de puntos de crecimiento (Nie et al., 1995; Kemp, 2001).

Watson et al., (1989) identifican dos fases en la limitación de la persistencia, una primera fase donde las limitantes más probables son edáficas y rizobiales, mientras que durante la segunda fase o de mantenimiento considera a plagas y agentes causantes de enfermedades como los principales.

2.1.1 Factores ambientales abióticos

2.1.1.1 Nutrientes de suelo

La interacción entre deficiencias de nutrientes y otras limitantes medioambientales, agravadas por problemas de manejo general, limita las posibilidades de persistencia de leguminosas (Keeney, 1985, Richardson y Syers, 1985, Hochman y Helyar, 1989 y Buxton, 1989, citados por Bologna, 1996).

Saibro (1983) y Carámbula (1983) indican la baja fertilidad de suelo como una de las principales limitantes para el establecimiento y persistencia de leguminosas, mientras García (1992) menciona fundamentalmente el bajo nivel de fósforo. Este nutriente también fue mencionado como limitante por Hochman y Helyar (1989), quienes determinaron el mayor potencial de utilización de P por parte de las gramíneas frente a las leguminosas debido a su mayor exploración radicular, sobre todo cuando este nutriente se encuentra en pequeñas cantidades. Por su parte, Hart (1987) sostiene que los altos requisitos de P por parte de las leguminosas son además fundamentales para la fijación de N. Por lo tanto la persistencia de éstas podría verse comprometida frente a gramíneas o malezas en la competencia por N.

Los recursos metabólicos utilizados en la fijación biológica de nitrógeno (FBN) son mayores que aquéllos utilizados en la captación del nitrato del suelo. Ryle et al. (1979) citados por Chapman et al. (1995) demostraron que el costo respiratorio de la FBN era equivalente a 11-13% de la fotosíntesis diaria y que el crecimiento de trébol dependiente exclusivamente de la FBN solamente era 60% del total al tener adecuada fertilización mineral de N. En cambio Minchin et al. (1973) citados por Crush (1987) determinaron que los nódulos utilizaban el 32% del carbono fotosintetizado. Un alto contenido de N en hojas con rizobios activos en sus nódulos es visto generalmente como la evidencia de un aporte de N suficiente para cubrir los requerimientos del máximo crecimiento de hojas en leguminosas, sin embargo cuando tienen nódulos inefectivos presentan alto contenido de N en las hojas pero muy bajas tasas de crecimiento y baja producción de materia seca (Wilkins, 1996, citado por Chapman et al., 1995).

En Nueva Zelanda se estimó una fijación biológica de N por el Trébol blanco de 185 kg/ha/año (Caradus et al., 1995). Crush (1987), menciona una tasa potencial de FBN del Trébol blanco en el rango de 600-700 kg/ha/año, sin embargo la presencia de nitrógeno mineral y factores que limitan el crecimiento (anegamiento, baja fertilidad de suelo, pastoreo, temperatura, competencia, rizobios parásitos, etc.) dan como resultado tasas inferiores de FBN. Como resultado, los niveles de fijación de nitrógeno de Trébol blanco en condiciones de pastoreo son sumamente inconstantes.

Requerimientos de Molibdeno son mencionados en varios trabajos como fundamentales para la FBN (Johnson et al., 1952; Walker, 1955), mientras el incremento de Calcio en el suelo aumenta la concentración de N en plantas dependientes de la FBN (Andrew et al., 1976 y Munns, 1977, citados por Dunlop et al., 1987).

En cambio, Sheath et al. (1989) consideran poco probable que la fertilidad del suelo por sí sola impida la persistencia de leguminosas introducidas, aunque resaltan la incidencia de este factor en una mayor susceptibilidad a plagas y enfermedades.

En la Región Este el problema de la baja fertilidad se ve agravado por las limitantes hídricas que presentan los suelos de la región. Se pueden diferenciar tres zonas

definidas, con tipos de suelo diferentes en su capacidad de almacenamiento de agua (Carámbula y Terra, 2000).

Zona alta o de sierras: suelos superficiales con escasa profundidad de perfil y relieve fuertemente ondulado. Estas características imprimen a este tipo de suelos un excesivo drenaje superficial e infiltración, lo que limita su capacidad de almacenamiento de agua a menos de 100 mm. Cuando ocurren precipitaciones abundantes estos se saturan rápidamente y debido a su escasa vegetación el escurrimiento superficial ocasiona riesgos considerables de erosión.

Zona de colinas y lomadas: suelos de textura media, argisoles y brunosoles subéutricos asociados a planosoles. Su capacidad de almacenamiento oscila entre 100 y 300 mm. Mientras el horizonte A es de textura media a liviana, el horizonte B se presenta en general sumamente arcilloso y compacto. Este limita la infiltración y acumulación de agua, así como la exploración radicular. De esta forma los nutrientes ubicados bajo este horizonte se encuentran prácticamente indisponibles para las plantas.

Zona baja o de llanuras: suelos similares a los de la zona anterior pero con mayores problemas de drenaje debido a su topografía. Dominan los planosoles con horizonte B textural, presentan además en ciertos períodos del año aireación insuficiente debido a excesos de agua comprometiendo la fijación de nitrógeno por parte de las bacterias al no disponer de suficiente oxígeno. Si las plantas no logran extender sus raíces a través del horizonte B, en veranos secos están expuestas a ver comprometida su persistencia debido a la superficialidad de sus raíces.

2.1.1.2 Agua

Como mecanismo adaptativo al escaso nivel hídrico estival las especies utilizan diversas estrategias de sobrevivencia. Algunas han evolucionado con sistemas de raíz profundos que minimizan los efectos adversos y logran extraer agua desde los estratos más profundos del perfil, entre las que es posible mencionar a la Alfalfa, Trébol rojo y *Lotus corniculatus*. Carámbula (1996) menciona como favorable para este último género el extenso sistema radicular que presenta, para enfrentar condiciones de estrés hídrico, ya sea por exceso o déficit.

Otras especies (*Lotus subbiflorus*, *Trifolium subterraneum*) se han adaptado a estrategias de escape, asociadas con su habilidad para completar su ciclo de vida antes de que las condiciones críticas se lo impidan. (Turner, 1986). Estas especies germinan rápidamente después de las primeras lluvias posteriores al período de estrés, crecen rápidamente, florecen, semillan y completan su ciclo antes de la próxima estación seca. Asimismo producen gran cantidad de semilla y muestran en general gran plasticidad en su desarrollo como estrategia asociada para reducir el riesgo de daño durante las fases fenológicas más sensibles (Schulze, 1988, citado por Bologna, 1996).

Por otra parte, en especies con importante proporción de raíces auxiliares, originadas en los estolones y que se extienden superficialmente la situación se da a la inversa. En veranos secos disminuyen poblacionalmente y muchas plantas desaparecen (Gibson et al., 1965, Woodfield et al., 1987 y Archer et al., 1989, citados por Woodfield, 1996; Sheath, 1989). Es el caso de Trébol blanco, mencionado por Sheaffer, (1989) como una de las especies más sensibles a la sequía, sobre todo al crecer junto con otras más competitivas. Behinart (1963) y Robinson (1973), citados por Rice (1989), Hutchinson (1970) y Carámbula (1996) sostienen que por este motivo esta especie basa su persistencia principalmente en la resiembra por semilla sobre todo en ambientes con veranos secos.

Por otra parte Hopkins (1979), citado por Woodfield et al. (1996) señala al drenaje insuficiente como otra causa de disminución de la persistencia en Trébol blanco, a través de un incremento en las enfermedades de raíz y el daño por pisoteo animal.

Por su parte, Buxton (1989) también considera períodos de lluvia excesiva como perjudiciales para la supervivencia de leguminosas al crearse un ambiente de anegamiento desfavorable. Esta situación se ve agravada por la deficiencia de oxígeno, causada por el exceso de agua en el suelo, deprimiendo la fijación de N atmosférico.

2.1.1.3 Temperatura

La temperatura y la lluvia son los factores climáticos más importantes que afectan la persistencia y distribución de las leguminosas (Lancashire, 1984; Marten, 1985; Sheath, 1985). Para determinada especie adaptada a una región en particular, su productividad y persistencia se ven afectadas por la variabilidad de estos agentes climáticos (Richardson y Syers, 1985). Esto se debe a que las plantas pueden morir de inanición cuando las temperaturas son más altas que el punto de compensación de temperatura debido a un desequilibrio entre la fotosíntesis, fotorespiración y respiración oscura (Mooney et al., 1991, citados por Bologna, 1996).

Las leguminosas pueden germinar en un amplio rango de temperaturas (5-25 °C), dependiendo el óptimo de cada especie en particular (Cooper, 1977; Hill et al., 1991). Una gran variación en la tolerancia a la temperatura existe entre las especies y entre los diferentes materiales genéticos dentro de las especies. Las diferencias en el rango de temperaturas de crecimiento óptimas dependen en la fase fisiológica, edad de la planta y órgano de la planta que se considere.

La posibilidad de conocer el rango térmico de adaptación de las leguminosas templadas posibilitaría la selección de las combinaciones más convenientes de especies para buscar la mayor estabilidad y productividad de los sistemas pastoriles. Barta (1978), citado por Ayala (2001) menciona al *Lotus corniculatus* como una especie bastante sensible a la temperatura del suelo. La reducción del metabolismo radicular,

rotura de nódulos y deficiencias de carbohidratos harían más sensible la raíz al ataque de patógenos.

Un caso similar fue reportado por Archer y Robinson (1989) para Trébol blanco al indicar un comportamiento anual o perenne de vida corta en ambientes extremos.

2.1.1.4 Acidez

Un rango de pH del suelo entre 6.0 a 7.5 es considerado por Keeney (1985) como el óptimo para el crecimiento y persistencia de la mayoría de las leguminosas, aunque algunas especies toleran pH mas bajo. Sugirió además que las especies más tolerantes a los suelos ácidos tenían mecanismos más eficientes de captación y transporte de P, así como mayor tolerancia a las deficiencias de fertilidad que las especies no tolerantes a la acidez.

En Trébol blanco (Caradus et al., 1987) y en Alfalfa (Bouton et al., 1983) han sido identificados cultivares con cierta tolerancia a la acidez, pero no se ha logrado el desarrollo de cultivares capaces de crecer y persistir en suelos ácidos.

El rendimiento de Trébol blanco es inversamente proporcional al contenido de Aluminio (Al) en los tejidos (Lowther, 1980, Davis, 1981, citados por Dunlop et al., 1987) y al nivel de Al intercambiable en el suelo (Shoop et al., 1961 y Haynes et al., 1981, citados por Dunlop et al., 1987). Éste además reduce la captación de P y Ca y retarda el crecimiento radicular. La toxicidad por Al ocurre a pH menor a 5.5 y es reducida por el encalado al disminuir el nivel de Al intercambiable en el suelo. Hoveland (1989) menciona que un pH entre 4.5-4.9 limita la productividad de Alfalfa y *Lotus corniculatus*, mientras la incorporación de cal en profundidad y de yeso en superficie producía incrementos entre 40-60% aunque estos tratamientos resulten en la práctica antieconómicos.

Edmeades et al. (1984) y During (1984) consideran el pH óptimo para el crecimiento de Trébol blanco alrededor de pH 5.5 – 5.8 mientras Grant et al. (1985) citados por Buxton (1989) lo consideran junto con el Lotus como levemente tolerante a la acidez. Su mayor crecimiento se registra con pH 6.2 o mayor y aunque pueden desarrollarse en un medio con pH 4.0 la nodulación y fijación de N se ven afectadas y en consecuencia la persistencia de las plantas. Los rizobios inoculados a la semilla pueden sobrevivir en suelos ácidos y con aluminio (Caradus et al., 1989), pero no pueden infectar la planta, ya que este proceso es muy sensible a bajos pH para leguminosas templadas (Bohlool, 1989).

2.1.2 Factores ambientales bióticos

2.1.2.1 Plagas y enfermedades

Las enfermedades que afectan a la pastura establecida se pueden clasificar en enfermedades foliares y enfermedades de raíz, estolón y corona. Las primeras afectan directamente la productividad, mientras las segundas llevan a la muerte de plantas ya que afectan la absorción de agua y nutrientes, la acumulación de reservas y la fijación de nitrógeno (Altier, 1990).

En un trabajo de Watson y Barker (1993), realizado sobre la persistencia de Trébol blanco (en Australia, Nueva Zelanda, Estados Unidos y Gran Bretaña), se menciona que las enfermedades foliares que afectan mayormente la persistencia de esta especie son los virus y a nivel de raíz los hongos y nemátodos.

Leath (1989) clasifica la mayoría de las enfermedades en dos tipos principales: agudas y crónicas. Agudas son aquéllas en que la causa de muerte de la planta es un marchitamiento (por ejemplo: antracnosis o dumping off.) Las enfermedades crónicas, en cambio, ejercen una reducción leve de actividad, que sumada a otros factores (climáticos, edáficos, o de manejo) causan la muerte individual y finalmente un declive poblacional (por ejemplo: manchas de hoja, mildews, royas, virus y podredumbres de raíz). Una tercera categoría de enfermedades incluye los “complejos de enfermedades” (Watson et al., 1989) donde una sucesión de varios patógenos causarían una porción del daño y cada uno sería un contribuyente parcial a la muerte de la planta. Leath (1989) considera que si varias enfermedades están actuando a la vez y 50% de plantas son resistentes para cada enfermedad es suficiente para asegurar una población adecuada de plantas.

En suelos anegados ocurre el desarrollo de enfermedades fúngicas, como dumping off (*Pythium spp.*) y podredumbre de raíz (*Phytophthora spp.*). Estas interfieren en la función de la raíz reduciendo el suministro de nutrientes o generando un exceso de toxinas originadas en condiciones anaerobias, problema que se ve agravado por las altas temperaturas (Thompson et al., 1981). Leath (1989) menciona un proyecto de evaluación de *Bacillus spp.* para agregar a la semilla de trébol rojo como protección contra dumping off.

Estas enfermedades constituyen una limitante importante para el establecimiento, producción y persistencia de Lotus al presentarse en general en los llamados “complejos de enfermedad”. La interacción de estos patógenos con condiciones ambientales desfavorables ocasiona el debilitamiento y muerte de las poblaciones. Altier (1997) menciona para *Lotus corniculatus*, en las condiciones de Uruguay, una incidencia importante de enfermedades a hongos de la raíz y corona tales como *Fusarium*

oxiosporum y *Fusarium solani* (aislados en el 72% de las evaluaciones). En ensayos realizados por Altier (1997) la protección con fungicidas resultó en un mayor rendimiento de forraje en el segundo año (6-10%) y en el tercer año mayor aún (25-30%) con respecto a testigos sin tratar. Se debe aclarar que estos tratamientos fueron efectivos contra enfermedades de hoja y tallo, pero inefectivos en enfermedades de raíz y corona, cuya incidencia está principalmente asociada a la escasa persistencia de Lotus luego del segundo año de implantación. Para los dos cultivares de *Lotus corniculatus* evaluados (cv. San Gabriel y cv. Ganador) al cabo de 12 meses se registró un promedio de 27% de plantas muertas, al cabo de 24 meses un 93% y al final del tercer año solamente un 0.1% continuaba con vida. La principal causa de muerte fue marchitamiento por podredumbre de raíz y corona con una incidencia de 82%. La sintomatología se presenta en la parte aérea como marchitamiento gradual, debido a la baja tolerancia al estrés hídrico que presentan las plantas afectadas.

Roberts et al. (1994) encontraron una correlación positiva entre la resistencia a enfermedades y la concentración de chitinasa, una hidrolasa antifúngica asociada con resistencia a enfermedades en otros cultivos.

Taninos y glicósidos cianogénicos son producidos por Lotus como bacteriostáticos y fungistáticos, en procesos costosos para la planta que se reflejan en la reducción de crecimiento y reproducción (Briggs, 1990). Por otra parte con la aparición de un *Lotus corniculatus* rizomatoso se espera que se solucione el problema de persistencia por medio de la propagación vegetativa, ya que las enfermedades de corona y raíz afectan solamente la raíz principal.

Las enfermedades de tallo y hoja tuvieron menor incidencia en la persistencia y no fueron causa directa de muerte de plantas, sin embargo para la principal enfermedad evaluada, que fue la mancha foliar/cancro de tallo (*Stemphiliium loti*, *Colleotrichum*) se observó una incidencia expresada como porcentaje de plantas enfermas en relación al total de entre 2-86%. *Colleotrichum acutatum* produce quemadura de flores cuando este proceso se da en tiempo húmedo, reduciendo el rendimiento de semilla en más de 36% para *Lotus corniculatus* (Stewart et al., 1994, citado por Ayala, 2001).

La ocurrencia de enfermedades de Lotus causadas por nemátodos no ha sido evaluada en Uruguay. Berberet et al. (1989) consideran que los agentes patógenos e insectos deben ser considerados como un complejo en lugar de organismos individuales, donde la acción combinada de ambos es la que conduce a reducir la persistencia de las leguminosas. Wills et al. (1975) citados por Altier (1997) han reportado una asociación directa entre el nemátodo lesionador de raíz (*Pratilenchus penetrans*) y *Fusarium* en la podredumbre de raíz de Lotus. Este mismo nemátodo y diversas especies del género *Meloidogyne* han sido citadas por Leath (1989) como comunmente asociadas a Lotus y otras especies forrajeras. También Caradus (1989) encontró que en las raíces nodales

recientemente formadas de Trébol blanco los primeros invasores son nemátodos, los que posteriormente permiten la entrada de hongos patógenos.

En Nueva Zelanda Watson et al. (1989) reportaron la larva *Costelytra zealandica* y a *Wiseana spp.* como las plagas que más afectan la persistencia de Trébol blanco. Berberet et al. (1989) citaron el curculio de raíz de trébol (*Sitona hispidulus*), el barrenador de raíz de trébol (*Hypera obscurus*), saltahojas de la patata (*Empoasca fabae*), varias especies del áfidos y el complejo de gorgojos de la alfalfa (*Hypera spp.*) como los insectos plaga más importantes de alfalfa y tréboles en gran parte de EE.UU. Allen (1989) sugiere que posiblemente la mayoría de las plagas que atacan a una especie tengan menor incidencia si esta es acompañada por otra menos susceptible. Coincidentemente Berberet et al. (1989) en siembras mixtas de leguminosas y gramíneas, observaron menores poblaciones de *Empoasca fabae* que en pasturas puras de leguminosas.

2.1.2.2 Competencia

La competencia ocurre cuando dos o más plantas buscan el mismo recurso esencial y el suministro de ese recurso está por debajo de la demanda sumada de ellas (Donald, 1963).

Grime (1979) citado por Bologna (1996) basa su definición de competidor exitoso en un esquema triangular de estrategias de vida, en que las plantas varían en sus habilidades de tolerancia a los ambientes estresantes, habilidades para capturar los recursos y habilidad para sobrevivir a las perturbaciones. La mayoría de las leguminosas se localizan en el centro del triángulo, es decir que los tres factores son importantes pero ninguno es determinante.

En cambio Tilman (1982), identifica los competidores superiores por su habilidad de agotar los recursos hasta un nivel muy bajo y a tolerar después esos bajos niveles del recurso creados. Según esta definición el competidor superior es la especie que exige al nivel del recurso más bajo para mantener una población.

El Trébol blanco tiene un amplio rango de estrategias competitivas, en particular su hábito estolonífero le confiere la capacidad de aprovecharse de los huecos en el tapiz y reforzar la supervivencia de la población. De esta manera, esta especie se comporta como un colonizador en ambientes perturbados y a través de su diversidad genotípica así como por la plasticidad de su fenotipo alcanza una variabilidad individual capaz de competir eficazmente en los ambientes más variados (Hay et al., 1989). Sin embargo, el Trébol blanco es muy sensible a la competencia por luz de las especies de porte alto (Bologna, 1996). La competencia por luz es importante en el establecimiento de plántulas, ya que éstas son sumamente susceptibles a la competencia por luz y el sombreado temprano puede reducir su supervivencia, también la germinación de algunas

semillas puede verse restringida si el tapiz no se reduce para permitir la entrada de luz (Sheaffer, 1989).

En las pasturas la forma más común de perturbación es el pastoreo selectivo donde la posibilidad de sobrevivencia depende de las habilidades competitivas de las especies preferidas y las rechazadas (Fisher et al., 1989). Si se considera que las especies leguminosas son menos competitivas que las gramíneas y preferidas en el pastoreo, sus estados competitivos pueden debilitarse hasta el punto de causar reducciones significativas en sus poblaciones.

2.1.2.3 Alelopatías

Los aleloquímicos son sustancias originadas por organismos que afectan el crecimiento, salud, comportamiento o población de otros organismos (Whittaker, 1971, citado por Hart, 1987). Hay evidencias que sugieren que el Trébol blanco produce sustancias alelopáticas que pueden causar depresión en la germinación y el crecimiento de plántulas de varias especies, inclusive a sí misma (Scott et al., 1989).

Se ha reportado en diversas oportunidades la reducción significativa de crecimiento y desarrollo de leguminosas así como nodulación inefectiva en presencia de Raigrás perenne infectado con *Acremonium lolii* (Cunningham et al., 1993, Quigley et al., 1993, citados por Bologna, 1996; Sutherland et al., 1989). En cambio Watson et al. (1993) no encontraron evidencia directa de efectos alelopáticos mayores ocasionados por Raigrás infectado en la germinación de semilla de Trébol blanco o en su crecimiento subsecuente y sugirieron que el equilibrio competitivo entre el Raigrás y el Trébol blanco estaba influenciado fuertemente por una interacción entre los invertebrados plaga que atacaban ambas especies, entre ellos *Acremonium lolii*. Por consiguiente los cambios en el equilibrio dentro de la pastura se deben a los diferentes niveles de infección del endofito, sumados a una interacción compleja de factores de competencia interespecífica.

2.1.3 Factores de manejo

Los factores de manejo en una pastura constituyen elementos de gran importancia debido a su gran impacto y a la posibilidad de ser plenamente controlados por el productor (Ayala et al., 1996).

Estos se pueden analizar desde dos puntos de vista. Por un lado el manejo productivo tendiente a obtener la máxima cantidad y calidad de forraje y por otro lado el aspecto reproductivo con el objetivo de lograr la mayor persistencia de la pastura.

2.1.3.1 Pastoreo

Debe conocerse la morfología y ecología de las leguminosas para entender como puede ser afectada su persistencia por el pastoreo (Kretchmer, 1989). La interacción de frecuencia y severidad de defoliación tiene grandes efectos en el porcentaje de sobrevivencia de unidades de crecimiento individuales: tallos, estolones y rizomas (Hodgson et al., 1989). Por ejemplo, la defoliación severa y poco frecuente en Trébol blanco (pastoreo rotativo) permite el desarrollo de unidades de crecimiento más grandes, y produce incremento de muerte de nuevas unidades de crecimiento. La defoliación más frecuente y aliviada (cargas fijas) restringe el tamaño de la unidad de crecimiento, promueve supervivencia de estolones y aumento en la densidad poblacional (Brock et al., 1996).

Los efectos del pastoreo sobre la persistencia de la leguminosa se dan en función de la respuesta de esta, su posibilidad de rebrote o recuperación después del pastoreo y por las modificaciones en las relaciones competitivas entre la leguminosa y sus especies acompañantes (Chapman et al., 1993). Hay (1989) sostiene en cambio que no hay argumentos que sostengan que el pastoreo *per se* tenga un impacto tan grande en la persistencia de leguminosas forrajeras. Los siguientes factores asociados se identificaron como los más importantes: pisoteo (interacción con piso húmedo), pastoreo selectivo, retorno de nutrientes, dispersión de semillas con las heces, frecuencia e intensidad de pastoreo y vulnerabilidad de la leguminosa en diferentes estados fenológicos.

Berreta (1998) coincide al mencionar que para favorecer la persistencia de especies introducidas en la pastura, se deben realizar manejos de pastoreo que permitan a las mismas florecer y semillar para asegurar la regeneración en otoño, pasando el verano parte como planta y parte como semilla. Si la persistencia a largo plazo de una especie en la pastura depende del reclutamiento de nuevas plantas y la producción de semillas es influenciada por la presión de pastoreo es más fácil encontrar problemas en especies cuya semillazón es más sensible a esta presión (Jones et al., 1991).

La resiembra natural es esencial para la persistencia de leguminosas anuales y también para algunas perennes en términos de sobrevivencia a largo plazo. El pastoreo puede afectar la formación de flores, semillas, sobrevivencia de la semilla y sobrevivencia de plántulas. El consumo de vainas maduras o semillas reducen las entradas de semilla al banco del suelo, particularmente en el caso de ovejas ya que estas excretan una menor proporción de semilla ingerida que los vacunos (Wilson et al., 1994, citados por Bologna, 1996).

El cierre prolongado de verano y otoño (fallowing) tiene como objetivos el aumento de la resiembra natural por mayor producción de semillas en el período (L'Huillier et al., 1988) y reducir la población de plantas a través de la competencia con el objetivo de favorecer el posterior reclutamiento (Nie et al., 1997). Estos objetivos al parecer

contrapuestos, se explican en los resultados obtenidos por Nie et al. (1997), quienes observaron que inmediatamente después del “fallowing” el número de semillas viables de leguminosas era mayor que en pastoreo continuo.

Por otra parte, el total de semillas viables disminuía luego de un año, debido seguramente a germinación y muerte de las plántulas. También se observó un menor número de semillas duras en los tapices pastoreados (53%) que en los tapices inmediatamente “post-fallowing” (61%). Esto indica una complementación de los objetivos de esta práctica ya que en primera instancia aumenta el número de semillas para la resiembra (aunque en ese momento hay mayor competencia y menor emergencia) y posteriormente se observa un mayor número de semillas germinadas (Nie et al., 1997).

A grandes rasgos cuando se necesita restablecer la población de una pastura se recomienda arrasar a principios de otoño para eliminar restos de forraje maduro del verano, lo que favorecerá un rápido rebrote y la germinación de semillas de Lotus y Trébol blanco del banco de semillas del suelo (Ayala et al., 1996).

En cambio, si el objetivo es la utilización del forraje en momentos de escasez el manejo es diferente. A medida que avanza el otoño se debe permitir la acumulación de forraje y diferir el uso de éste para el invierno. (Carámbula, 1992; Ayala et al., 1996).

En el invierno debido a la menor intensidad lumínica y bajas temperaturas se recomienda mantener una pastura con hojas jóvenes ya que son más eficientes en el uso de la luz y menos afectadas por las heladas (Carámbula, 1992).

Durante la primavera se recomiendan pastoreos intensos y frecuentes para aprovechar la alta tasa de crecimiento y evitar una madurez excesiva de las plantas con la consecuente disminución de la calidad de la pastura (Carámbula, 1992). La defoliación frecuente en esta estación favorece el crecimiento y sobrevivencia de Trébol blanco alcanzando un equilibrio favorable entre los nuevos estolones que crecen y los estolones viejos que van muriendo (Brock et al., 1996). En primaveras secas la pérdida de masa total de estolones de Trébol blanco disminuyó en pasturas asociadas a gramíneas frente a casos con menor ó nulo componente de gramíneas. Esto fue atribuido a la protección que ejercieron las gramíneas contra los rayos solares, reduciendo la proporción de suelo desnudo y así las altas fluctuaciones de temperatura (Brock, 1996).

El verano es una etapa clave para la persistencia de pasturas, recomendándose que las plantas tengan buen follaje de manera que puedan extraer mejor el agua (Brougham, 1970; Carámbula, 1992), así como lograr un efecto mulch que regule la temperatura y disminuya la evaporación. Sin embargo, Hart (1987) sostiene que el follaje abundante durante el verano aumenta la transpiración y disminuye el agua en el suelo rápidamente. La defoliación tiene como consecuencia una reducción de la masa radicular lo que afecta

los procesos de absorción de agua y nutrientes. La fijación biológica de N se reduce inmediatamente a cerca de cero después de la defoliación y permanece en bajos niveles dos semanas antes de su recuperación (Davidson et al., 1990; Gordon et al., 1990; Chapman et al., 1993).

2.1.3.2 Fertilización

La refertilización adecuada de los mejoramientos de campo posibilita la obtención de buena cantidad de forraje y una mayor persistencia (Carámbula, 1996). Los bajos niveles de fósforo presentes en la mayoría de los suelos del Uruguay deben ser incrementados para asegurar la implantación y persistencia de las leguminosas (García, 1992; Carámbula, 1996). Al respecto, Olmos (1994) considera que la fertilización fosfatada es una variable muy importante ya que incrementa la cantidad de forraje producido y el reclutamiento de nuevas plántulas para *Lotus corniculatus*. Sin embargo, García et al., (1981) indican que las refertilizaciones *per se* pueden no tener efectos en la persistencia e inclusive provocar pérdidas económicas si no son acompañadas de un conjunto de prácticas de manejo adecuadas. García (1992) y Castro et al., (1981) indican que existe evidencia de que la pastura con el transcurso de los años pierde eficiencia en el uso del fertilizante.

La información obtenida en Uruguay demuestra que las fertilizaciones iniciales con fósforo son importantes pero no deben necesariamente ser altas ya que tienen efecto residual escaso, lo cual afirma la necesidad de programar refertilizaciones adecuadas que posibiliten la persistencia (Zamalvide, com.pers., citado por Carámbula, 1996).

El establecimiento de las leguminosas se ve favorecido por la fertilización fosfatada aunque el género *Lotus* muestra mayor eficiencia en la utilización de este nutriente si es escaso frente al Trébol blanco (Caradus, 1980, citado por Carámbula, 1996).

Luego de la absorción, la traslocación de P es en general acrópeta, dirigiéndose rápidamente a los puntos de crecimiento y hojas jóvenes donde tiende a acumularse en las yemas (Hoshino, 1974). El P se encuentra en forma orgánica (ácidos nucleicos, ésteres y fosfolípidos) e inorgánica en la planta. La concentración total disminuye con la edad de la hoja y es traslocado a las hojas más jóvenes, con mayor actividad metabólica (Bielecki, 1973).

Las refertilizaciones otoñales resultan fundamentales para la persistencia de las plantas ya establecidas, como también para las nuevas plántulas provenientes del banco de semillas (Carámbula, 1996). Estas plántulas, si el aporte de P lo permite, absorben mayores cantidades de este elemento de las necesarias para el crecimiento (Hart et al., 1981, citado por Dunlop, 1987).

Por otra parte, Hart et al. (1984) citado por Bologna (1996) indican que los requerimientos de P son mayores para la fijación de N que para el crecimiento de las leguminosas.

2.2 BANCO DE SEMILLAS.

2.2.1 Definición

Un "banco de la semillas" o "reservorio de semillas" en el suelo, sobre el suelo o en el mantillo asociado es una agregación de semillas no germinadas potencialmente capaz de reemplazar plantas adultas que pueden ser anuales o perennes (Baker, 1989; Simpson et al., 1989)

El banco de semillas del suelo sirve como una memoria genética de la comunidad vegetal (Cavers, 1995, citado por Buhler et al., 1998).

Estudios del banco de semillas deben incluirse para obtener una descripción más detallada de una comunidad vegetal (Major y Pyott, 1966, citados por Rice, 1989), y deben ser analizados en dos contextos: manejar la composición y estructura de la vegetación existente, y restaurar o restablecer la vegetación nativa (Van der Valk et al., 1989 y Welling et al., 1988, citados por Van der Valk et al., 1989).

Turkington y Franko (1980) encontraron entre 566 y 951 kg/ha de semilla de *Lotus corniculatus*, mientras Turkington y Burdon (1983) citados por Cavers et al. (1989) encontraron entre 5 y 641 kg/ha de semilla de Trébol blanco en tierras de labranza. En Inglaterra, Chapness et al. (1948) registraron 12 kg/ha de semilla de Trébol blanco en los 5 cm superficiales del perfil y en Nueva Zelanda Hyde et al. (1953), citado por Harris, 1987 reportaron 296 kg/ha.

La manipulación de los procesos reproductivos para desarrollar un banco de semillas necesita ser acompañada por una promoción adecuada del reclutamiento de plántulas con el objetivo de mejorar la población final de plantas (Ayala, 2001).

2.2.2 Clasificación

Los bancos de semillas pueden ser *transitorios*, con semillas que germinan dentro del año de dispersión inicial, o *persistentes*, con semillas que permanecen en el suelo más de un año (Simpson et al., 1989). Thomas et al. (1989) afirman que estos últimos

alcanzan un tamaño importante en determinados tipos de vegetación, donde la cantidad de semilla producida cada año y que permanece dormante se acumula en el banco. Hutchings (1997) considera que el banco de semillas de *Lotus corniculatus* es persistente, ya que un fragmento de la dispersión poblacional de la semilla sobrevive más de un año como semilla inactiva. Forcella et al. (1985) consideran el banco de semillas de *Trifolium subterraneum* como poco persistente. El crecimiento demográfico está limitado porque solo una porción de la población de semillas germina cada año, pero esto asegura que al menos algunas semillas germinen durante condiciones favorables (Ayala, 2001).

A su vez, Thompson y Grime (1979) citados por Baskin et al. (1989) coinciden con la clasificación anterior pero distinguen cuatro tipos de bancos de semilla: el Tipo I, banco de semilla transitorio presente durante verano; Tipo II, banco de semilla transitorio presente durante el invierno; y Tipos III y IV, bancos de semilla persistentes. En el Tipo III, una gran proporción de las semillas germina inmediatamente después de la semillazón, y sólo una pequeña fracción permanece en el suelo. En el Tipo IV, pocas semillas germinan antes de ser incorporadas al suelo. Rice (1989) agrega que las semillas que quedan en un banco persistente son el resultado de un solapamiento de generaciones y crea una estructura de edad entre los grupos de semilla de ese banco.

Además Templeton y Levin (1979) citados por Baker (1989) mencionan que la variabilidad genética del banco de semillas es un reflejo de las condiciones ambientales bajo las que se formó año tras año.

2.2.3. Modelos y dinámica

Dos técnicas están disponibles para evaluar la densidad del banco de semillas: mediante conteo directo de las semillas y mediante emergencia de plántulas (Jones et al., 1991).

El conteo directo utiliza a menudo la flotación, zarandas u otros métodos de separación y determina el número total de semillas en el suelo, pero no da información sobre su viabilidad (Kropac, 1966 y Roberts, 1981, citados por Simpson et al., 1989) que debe ser subsecuentemente establecida usando el test de tetrazolio o pruebas de germinación. En contraste, las técnicas de emergencia proporcionan una estimación de semillas viables en el suelo basada en la germinación de semillas mantenidas bajo condiciones favorables. Gross (1990) sugiere que la mejor estimación se obtiene a partir del conteo directo al compararlo con otros métodos.

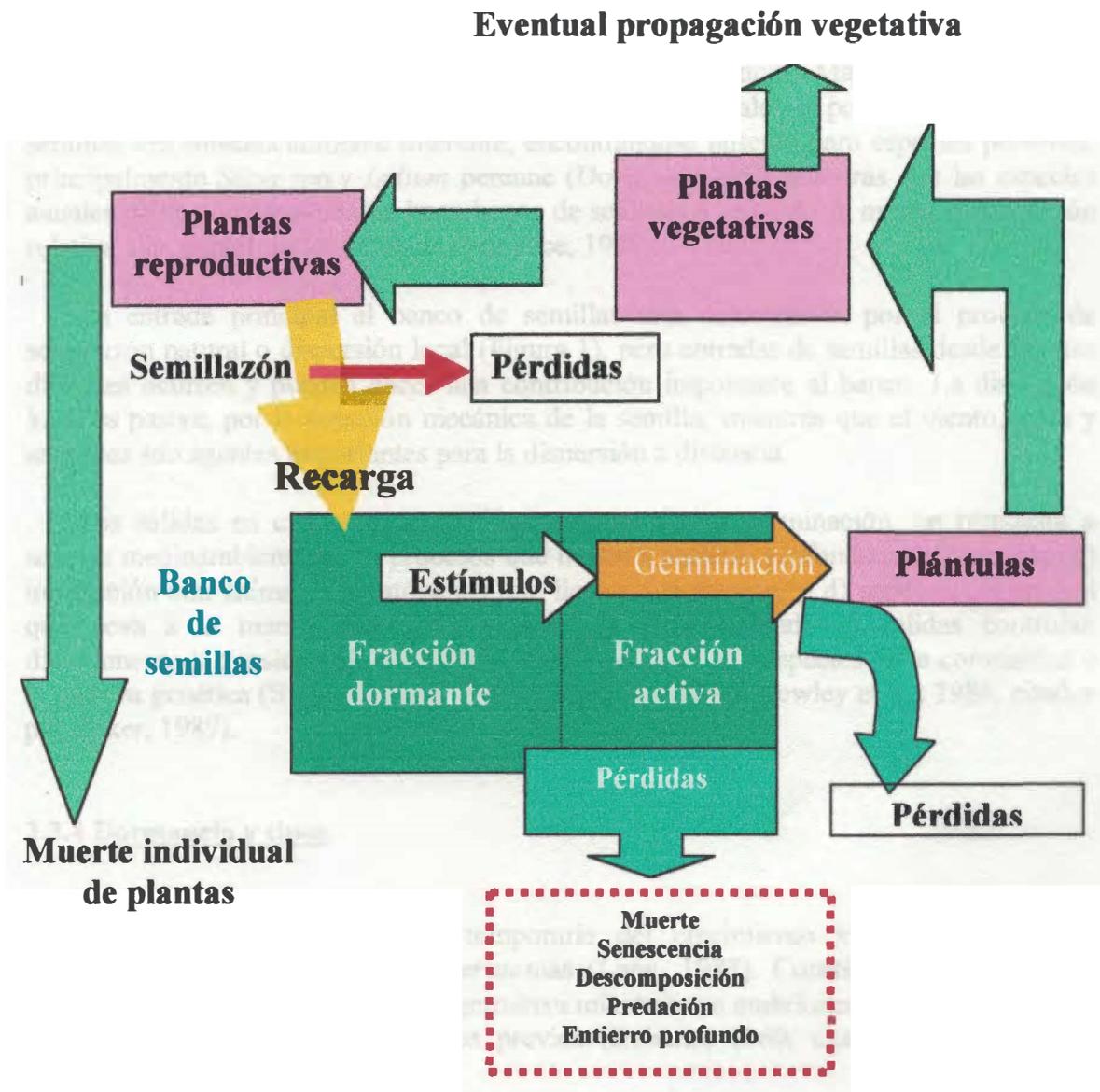


Figura 1: Diagrama representativo de la dinámica del banco de semillas del suelo (parcialmente adaptado de Simpson et al., 1989 y Mc Ivor et al., 1993).

Una combinación de ambas técnicas, sugerida por Conn et al. (1984) citados por Simpson et al. (1989), da una estimación más precisa del tamaño del banco de semilla que la proporcionada por cualquier técnica usada en forma individual.

Un error normal de la media de 20-40% fue notado por Thompson (1987) y Fenner (1995) citados por Bologna (1996) lo que indicaría una heterogeneidad alta en la distribución espacial de los bancos de semilla.

Brenchley (1918) notó que en una comunidad permanente existía una correlación alta entre la semilla en el suelo y la vegetación del tapiz. Major y Pyott (1966) encontraron que la contribución relativa de especies anuales y perennes al banco de semillas era substancialmente diferente, encontrándose ausente para especies perennes, principalmente *Stipa spp.* y *Lolium perenne* (Douglas, 1965), mientras que las especies anuales habían desarrollado un buen banco de semillas a pesar de su menor contribución relativa a la cobertura total (citados por Rice, 1989):

La entrada principal al banco de semillas esta determinada por el proceso de semillazón natural o dispersión local (Figura 1), pero entradas de semillas desde fuentes distantes ocurren y pueden hacer una contribución importante al banco. La dispersión local es pasiva, por la eyección mecánica de la semilla, mientras que el viento, agua y animales son agentes importantes para la dispersión a distancia.

Las salidas en el banco de semillas resultan de: a) germinación, en respuesta a señales medioambientales; b) procesos que llevan a entierro profundo o redispersión; c) interacción con animales y patógenos que llevan a la muerte; y d) senescencia natural que lleva a la muerte fisiológica (Figura 1). Estas entradas y salidas controlan directamente la densidad de semillas, la composición de las especies en la comunidad y la reserva genética (Simpson et al., 1989; Thomas, 1989; y Bewley et al., 1986, citados por Baker, 1989).

2.2.4 Dormancia y tipos

Dormición es la suspensión temporaria del crecimiento visible de cualquier estructura vegetal que contenga meristemas (Lang, 1987). Constituye un estado que presentan las semillas en el cual no germinan mientras sus embriones no sufran una serie de cambios fisiológicos y químicos previos (Roberts, 1969, citado por Carámbula, 1981).

Por su parte, Baskin et al. (1989) define una semilla en dormancia como una que no germinará bajo determinadas condiciones medioambientales normales. Según estos autores hay cinco tipos generales de dormancia en semillas a la madurez (Cuadro 1). Éstos se clasifican según: (1) permeabilidad o impermeabilidad de la cubierta de la semilla al agua, (2) desarrollo del embrión al estado de madurez de la semilla y (3) dormancia fisiológica del embrión.

La revisión de la literatura indica que la mayoría de las especies en el banco de semillas tienen dormancia fisiológica, siguiendo en orden descendente de importancia la dormancia física, combinacional, morfofisiológica, y morfológica (Baskin et al., 1989).

Si el hábitat tiene períodos predecibles de estrés y las plántulas no son tolerantes a la sequía, muchas especies exhibirán ciclos de dormancia /, no dormancia anual, con semillas inactivas durante el período crítico (Baskin et al., 1989).

Los embriones de algunas semillas duras de especies anuales invernales, como *Trifolium subterraneum* están dormantes a la madurez, pero ellos rápidamente maduran con las altas temperaturas de verano antes de que la cubierta de la semilla se vuelva permeable (Quinlivan y Nicol, 1971, citados por Baskin et al., 1989).

Cuadro 1: Tipos, causas y características de la dormancia en semillas.

<i>Tipos</i>	<i>Causas</i>	<i>Características del embrión</i>
<i>Fisiológica</i>	Mecanismo fisiológico de inhibición de la germinación en el embrión	Completamente desarrollado; dormante
<i>Física</i>	Cubierta de la semilla impermeable al agua	Completamente desarrollado; no dormante.
<i>Combinacional</i>	Cubierta de la semilla impermeable y mecanismo fisiológico de inhibición de la germinación en el embrión.	Completamente desarrollado; dormante
<i>Morfológica</i>	Embrión subdesarrollado	Subdesarrollado; no dormante
<i>Morfofisiológica</i>	Embrión subdesarrollado y mecanismo fisiológico de inhibición de la germinación en el embrión.	Subdesarrollado; dormante.

Fuente: Baskin et al. (1989)

Nikolaeva (1969) coincide con cuatro de éstos tipos de dormancia: física, morfofisiológica, fisiológica y combinacional. Lang (1987) clasifica la dormición en tres tipos: *Endodormición*, cuando la reacción inicial que lleva al control del crecimiento es una percepción específica de una señal endógena en la estructura afectada (inhibidores y embriones rudimentarios). *Paradormición*, cuando la reacción original que conduce al control del crecimiento envuelve una señal específica originada o percibida inicialmente en una estructura distinta de aquella en la cual la dormición se manifiesta (cubiertas duras y/o impermeables al agua o a los gases, inhibidores en la cubierta interna). *Ecodormición*, ocurre cuando uno o más factores del medio ambiente en el que está la planta son desfavorables para el metabolismo general del crecimiento (deficiencia de agua, nutrientes y temperaturas extremas).

La impermeabilidad de la cubierta de la semilla al agua (semilla dura) es una forma de dormancia de la semilla extendida en las leguminosas (Rolston, 1978) y favorece la formación del banco de semillas de leguminosas (Quinlivan, 1968, citado por Rice, 1989).

Erith (1924) y Lewis (1973) citados por Harris (1987) mencionan 32 y 20 años respectivamente de permanencia en dormición en condiciones de campo para semillas de Trébol blanco.

2.2.5 Longevidad de semillas

La longevidad de la semilla es definida como el período de tiempo en que la misma permanece viable, siendo determinado por factores genéticos y ambientales. Estos últimos, en definitiva son los que determinan para cada tipo de semilla en particular, si permanecerá viable por el período genéticamente determinado ó si perderá su viabilidad en períodos más cortos. Al respecto Suckling et al. (1978) mencionan que bajo manejos aliviados la semillazón de leguminosas resulta generalmente en un alto porcentaje de semillas duras.

Son tres los factores que determinan la viabilidad de una semilla: la temperatura ambiente, el contenido de humedad de la semilla y la presión parcial de oxígeno. Generalmente cuanto menores son la temperatura y el contenido de humedad, mayor será la longevidad del embrión (Mayer, 1963, citado por Rice 1989).

La viabilidad es retenida por largo tiempo especialmente en semillas que tienen cubiertas seminales duras e impermeables como es el caso de las leguminosas. Mayer et al. (1963) mencionan una longevidad para *Trifolium pratense* de 30 años enterradas a 20 cm. en el suelo y 100 años almacenadas en seco Lewis (1973) citado por Rice (1989) encontró que semillas de la mayoría de las leguminosas evaluadas persistieron viables durante 20 años.

La viabilidad media de la semilla enterrada era 30% menor que el valor original registrado para la misma semilla inmediatamente después de la semillazón. La proporción de semilla dura había disminuido 54% al permanecer enterrada durante ocho meses. Recíprocamente, la germinabilidad de semilla recuperada de la tierra aumentaba 35%. Por consiguiente, basándose en la viabilidad de la semilla, los resultados hacen pensar en una vida media de aproximadamente un año para la semilla del banco de *Lotus corniculatus* (Bologna, 1996). La proporción de semillas duras de *Lotus corniculatus* reportadas en los bancos de semilla es alta, registrándose entre 38-41% y 45-54% respectivamente (Bologna, 1996; Taylor, 1973, citado por Ayala, 2001).

La muerte de semillas normalmente no es debida al agotamiento de reservas, sino al fracaso del suministro de enzimas que movilizan esas reservas (Bewley et al., 1985, citado por Baker, 1989).

Alcaloides y taninos condensados son comunes en leguminosas, teniendo algunos de estas propiedades bacteriostáticas y fungistáticas que le confieren a la semilla resistencia a la predación y degradación en el suelo (McKey, 1979, citado por Baker, 1989). A su vez Baker (1989) agrega a esta lista otras sustancias tales como lípidos tóxicos de la semilla, glucosinolatos, lactonas, saponinas, inhibidores de la proteinasa, pigmentos flavonoides, e incluso análogos de hormonas de insectos y antihormonas .

2.2.6 Factores ambientales para romper dormancia

El estado de semilla dura termina cuando la cutícula se rompe o resquebraja por acción: mecánica (golpes, escarificado, etc.), microbiológica (ataque de hongos), física (alternancia de temperaturas) o química (escarificado con abrasivos, pasaje por el tracto digestivo de animales) (Carámbula, 1977). También Nakamura (1962) citado por Bologna (1996) menciona para las diferentes especies de Lotus la descomposición de la testa como el factor principal involucrado en este proceso.

Estudios en semillas de *Medicago tribuloides* y *Trifolium subterraneum* mostraron a las fluctuaciones diarias de temperatura como factor favorable al ablandamiento de la semilla (Quinlivan, 1966). Esto también fue observado por Baskin (1989), destacando además que la remoción de la canopia causaba mayor amplitud térmica en la superficie y consecuentemente mayor ablandamiento de semillas. Esta respuesta de las semillas duras a las fluctuaciones de temperatura es un mecanismo para encontrar ambientes favorables para el crecimiento.

2.3 RECLUTAMIENTO.

2.3.1 Factores que afectan la germinación

Para iniciarse la germinación se deben dar tres condiciones: 1) la semilla debe ser viable, o sea el embrión debe estar vivo y tener capacidad para germinar, 2) las condiciones internas de la semilla deben ser favorables para la germinación, deben haber desaparecido las barreras físicas o químicas para la germinación, 3) la semilla debe encontrarse en condiciones ambientales apropiadas. Los requerimientos fundamentales son disponibilidad de agua, temperatura apropiada, presencia de oxígeno y a veces, luz (Hartmann, 1984). Un reclutamiento exitoso debe permitir la germinación y establecimiento de nuevas plántulas originadas a partir del banco de semillas del suelo, de esta forma se asegura el mantenimiento de una adecuada población (Ayala et al., 1999).

La germinación se divide en 5 etapas según Moliterno (1999):

- a) **Imbibición.** Proceso pasivo de absorción de agua por diferencia de potencial osmótico.
- b) **Inicio de actividad metabólica.** Comienza la actividad enzimática y hormonal, algunos de estos compuestos fueron producidos durante el desarrollo de la semilla, mientras algunos se sintetizan al comenzar la germinación.
- c) **Catabolismo y traslocación.** Comienza la digestión de materiales de reserva contenidos en diversos tejidos de almacenamiento, los compuestos más simples obtenidos van hacia los puntos de crecimiento del embrión.
- d) **Asimilación de nutrientes.** Obtenidos en la etapa anterior por parte del embrión.
- e) **Crecimiento del embrión.** Se manifiesta el alargamiento celular y la emergencia de la radícula. La iniciación de la división celular parece ser independiente del alargamiento celular.

Las semillas de algunas especies pueden permanecer enterradas en el suelo por muchos años y permanecer latentes aunque hayan absorbido humedad. La germinación ocurre cuando el suelo es alterado y las semillas quedan expuestas a un nuevo grupo de condiciones ambientales tales como luz, atmósfera gaseosa modificada ó temperaturas fluctuantes (Roberts, 1972). Bologna (1996) reportó que en pastoreos frecuentes con ovejas (cada 2 semanas) la semilla estaba más profunda en el perfil que en los pastoreos cada 8 semanas, aspecto que puede tener implicancias en la futura regeneración de la pastura.

Las condiciones ambientales durante la semillazón determinan el peso de las semillas y este determina en parte la habilidad para germinar de las semillas. Hull (1973) encontró que las plántulas provenientes de las semillas más jóvenes emergían más rápidamente que de las semillas viejas.

El vigor de semilla es más un concepto que una propiedad específica. No hay una definición estricta, pero se plantea como una propiedad fisiológica determinada por el genotipo y modificada por el medio ambiente, que gobierna la habilidad de una semilla para producir rápidamente una plántula (Carámbula, com.pers.).

El crecimiento temprano de plántulas está directamente relacionado al tamaño de semilla. Mytton (1972) citado por Harris (1987) mencionó que las semillas más pesadas de Trébol blanco produjeron plántulas más vigorosas que nodularon antes y en forma efectiva frente a semillas más livianas.

2.3.1.1 Agua

La disponibilidad de agua con que cuenta la semilla durante la germinación puede afectar tanto el porcentaje como la velocidad de germinación (Doneen et al., 1943;

Hunter et al., 1952; Hanks et al., 1956). Desde un punto aproximado a la mitad del rango entre capacidad de campo y punto de marchitez permanente hay una disminución en la velocidad de emergencia de plántulas (Doneen et al., 1943; Ayers, 1952; Hanks et al., 1956).

Las leguminosas tendrían una ventaja en este sentido debido a que embeben agua más rápidamente que las gramíneas y alcanzan un grado hidrométrico inicial superior antes de la germinación (McWilliam et al., 1970).

2.3.1.2 Temperatura

La temperatura es el factor ambiental individual de mayor importancia que regula la germinación y el crecimiento subsecuente de las plántulas, determinando la distribución de las especies (Vegis, 1964). El rango óptimo sería aquel más favorable tanto para la germinación de la semilla como para el crecimiento de las plántulas, siendo determinado por el número y la velocidad de emergencias por unidad de superficie (Roberts, 1972). Las fluctuaciones de temperatura han sido mencionadas por Quinlivan (1966) y Taylor (1981) como muy importantes en el ablandamiento de semillas duras en leguminosas.

En la naturaleza, el fuego es el ejemplo más extremo de estímulo a la germinación de especies de semillas duras debido a altas temperaturas (Stone y Juhren, 1951, citado por Baskin et al., 1989).

2.3.1.3 Gases

Estudios de laboratorio han demostrado que niveles reducidos de anhídrido carbónico aumentaban la germinación, mientras altos niveles (>5%) la inhibían. A mayores profundidades en el terreno, el aumento en la concentración de este gas puede en cierto grado inhibir la germinación, pero es probable que desempeñe solo un papel menor en el mantenimiento del letargo de esas semillas (Roberts, 1972).

La concentración de etileno en el suelo afecta la germinación de la semilla y se ha descubierto en la atmósfera del suelo a niveles suficientemente altos como para inducir la germinación (Smith et al., 1969; Smith et al., 1974; Taylorson, 1979, citados por Egle, 1986).

2.3.1.4 Luz

Los estudios realizados por Grime y Jarvis (1975) revelan que muchas especies no requieren luz para la germinación. En contraste, Silvertown (1980) afirma que la germinación de muchas especies está significativamente reducida en la oscuridad o bajo luz filtrada por la bóveda vegetal, la que enfatiza la importancia de la calidad de luz para la germinación.

Thomas et al. (1989) coinciden con la importancia de la calidad de luz en la germinación al relacionarla con la profundidad a que se encuentra la semilla. A mayor profundidad disminuye la relación rojo/rojo lejano y disminuye la germinación en semillas sensibles a la luz.

2.3.1.5 Animales

Las tasas de germinación de especies como *Poa trivialis*, *Bellis perennis*, y *Trifolium repens* aumentaron significativamente después del pasaje a través del tracto digestivo de lombrices de tierra. Esto sugiere la importancia potencial de consumidores vertebrados e invertebrados en la longevidad de bancos de semilla y su distribución espacial (Mc Rill et al., 1973, citados por Rice, 1989). Por otra parte Suckling et al. (1978) mencionan que semillas extraídas de muestras fecales de ovinos y bovinos mantenían su viabilidad.

2.3.2 Dinámica de reclutamiento y sobrevivencia de plántulas

Las condiciones ambientales al momento de la emergencia de las plántulas del banco de semillas determinan la tasa de supervivencia de las plántulas (Cook, 1979, citado por Simpson et al., 1989). Esto fue observado también por Van der Valk et al. (1989) notando que la cobertura vegetal, mas allá de estar las plantas erectas o postradas puede reducir significativamente, o inclusive inhibir completamente el reclutamiento de especies del banco de semillas.

Emery et al. (1999) distinguen cuatro fases de desarrollo en el ciclo de *Lotus corniculatus*: las semillas, las plántulas, plantas vegetativas maduras y plantas reproductivas. Durante el año de establecimiento, las plántulas y las plantas vegetativas son los elementos principales, con baja frecuencia reproductiva y alta mortalidad. La fase de post-establecimiento se caracteriza por un crecimiento continuado de plantas vegetativas maduras, alta frecuencia de reproducción y baja mortalidad. El mantenimiento de una densidad adecuada de plantas dependerá del porcentaje de supervivencia de individuos establecidos y la tasa de reclutamiento de nuevos individuos (Jones et al., 1959, citados por Ayala, 2001).

Derwyn et al. (1966) citados por Cooper (1977) definieron tres etapas en el desarrollo de las plántulas: heterotrófica, transicional y autotrófica. En la primera etapa ocurre una rápida transferencia de las reservas de los cotiledones hacia los puntos de crecimiento. La segunda etapa comienza cuando los cotiledones comienzan a fotosintetizar mientras se agotan sus reservas. La última etapa se caracteriza por la extinción de las reservas y la dependencia total de la fotosíntesis para sobrevivir.

Los porcentajes de emergencia observados normalmente son entre 10-50% de la semilla viable que se encuentra en la tierra mientras el porcentaje de supervivencia final de las plántulas generalmente no supera el 5% (Miller et al., 1993, citados por Bologna, 1996). Por su parte Kemp (2001) reporta para coberturas un porcentaje de establecimiento menor al 5% y Chapman (1987) observó una supervivencia de 4.4% para Trébol blanco durante tres años, considerando la muerte de plántulas como la principal causa de pérdidas, seguida por el enterramiento profundo y la predación por insectos.

Existe un equilibrio entre la presencia de la vegetación circundante y la frecuencia de pastoreo con la germinación de la semilla y la supervivencia de la plántula en momentos diferentes. Bologna (1996) observó una proporción de muerte de plántulas mayor bajo manejos con intervalos extremos de pastoreo (cada 2 y cada 8 semanas) frente a los intervalos moderados (cada 4 y cada 6 semanas). Esta tendencia puede explicarse por los ambientes contrastantes que produjeron los pastoreos y como afectaron la supervivencia de las plántulas. En el caso de pastoreo frecuente se expuso más a los factores climáticos adversos, mientras en el tratamiento de intervalo aliviado la competencia por luz provocó una alta mortalidad de plántulas. Un desarrollo de la canopia disminuye la probabilidad de reclutamiento durante otoño y aumenta la probabilidad de supervivencia durante el invierno. El promedio de reclutamiento durante otoño, invierno y primavera fue de 10% de la semilla viable presente en el suelo y hasta un 60% de las plántulas originalmente reclutadas en otoño murió durante el invierno, registrándose pérdidas acumuladas hasta un 80% durante el verano siguiente. Resultados similares fueron obtenidos por Kemp (2001).

Olmos (1994), utilizando modelos de predicción, registró que en pasturas con diferente longevidad al aumentar ésta en todos los casos aumentaba también el número de plantas vivas por unidad de superficie. Por otra parte en pasturas con igual longevidad había mayor número de plantas establecidas al aumentar la tasa de reclutamiento.

Durante el otoño una de las causas más importantes de muerte de plántulas de *Lotus corniculatus* es el fracaso de las radículas para entrar en la tierra en el caso de semillas en superficie en comparación con semillas enterradas. Sin embargo la proporción de plántulas surgidas durante primavera que contribuyeron a la densidad final fue entre 20-38%, teniendo en cuenta que el reclutamiento global en este período era por lo menos cuatro veces menor que en otoño y que las condiciones no son tan favorables (Bologna, 1996).

Estos resultados y los obtenidos por Fraser et al. (1994) dan énfasis al papel central de los reclutamientos y establecimientos otoñales en la regulación del establecimiento final de *Lotus corniculatus* al relacionar positivamente la supervivencia y el tamaño alcanzado antes de la ocurrencia de condiciones medioambientales adversas. La germinación y emergencia de plántulas no eran los procesos limitantes pero las altas

pérdidas que empezaron inmediatamente después de la emergencia, y continuaron a lo largo del período experimental restringieron el establecimiento final. En este sentido Fraser et al. (1994) mencionan para Nueva Zelanda que en reclutamientos de 128 plántulas/m² surgidas en otoño, solamente una plántula contribuyó a la población después de un año. En Uruguay, Olmos (1996) registró para *Lotus corniculatus* una emergencia en otoño de 600-1300 plántulas/m².

Kemp (2001) propone un modelo de predicción del establecimiento de plántulas en cobertura para varias especies entre las que se incluye el *Lotus corniculatus*. Este modelo utiliza la relación entre la humedad, la temperatura, la germinación y la sobrevivencia. Para la germinación las variables que mejor predijeron la emergencia fueron la temperatura del suelo y su contenido de humedad, mientras que para la sobrevivencia de plántulas fueron la temperatura mínima del aire y la velocidad del viento.

Roberts et al. (1985) citados por Ayala (2001) identificaron un pico de emergencia de primavera como el más importante para *Lotus corniculatus*, *Medicago lupulina* y *Trifolium repens*, debido al quiebre de la dormancia en invierno.

Jones et al. (1987) mencionan una disminución de la densidad de plántulas de Siratro (*Macroptilium atropurpureum*), al aumentar la carga animal y también una disminución del banco de semillas. En cambio la carga más aliviada mostró el mayor banco, mientras que a cargas intermedias el reclutamiento y la sobrevivencia fueron los mayores.

2.4 SEMILLAZÓN.

La promoción de los procesos de floración-semillazón aumentan las reservas de semillas en la tierra y promueven el reclutamiento de nuevos individuos que van a producir un reemplazo eficaz y dinámico en la población (Jones et al., 1959, citados por Ayala, 2001).

Los rendimientos promedios de semilla limpia para semilleros de *Lotus corniculatus* en Uruguay son 120-150 kg/ha, y para Trébol blanco entre 100-150 kg/ha (Carámbula, 1981). García et al. (1991) señalan un rendimiento promedio nacional y comercial de ambas especies de 118 kg/ha. Por su parte Formoso (1996) señala hasta 650 kg/ha de semilla producida para *Lotus corniculatus* (cv. San Gabriel) y Carámbula (1981) menciona que semilleros muy bien manejados pueden superar los 300 kg/ha en Trébol blanco. Bologna (1996) obtuvo para Lotus rendimientos de semilla a nivel experimental de 650 kg/ha en Noviembre y 460 kg/ha en Enero, más altos que la media comercial de 300 kg/ha para Nueva Zelanda (Hampton et al., 1990). Aunque la población de plantas

era más alta que el óptimo sugerido por McGraw et al. (1986) de 20/m² para lograr los mejores rendimientos de semilla, se registró compensación entre los componentes del rendimiento que explican los resultados obtenidos.

En ambientes de EE.UU los niveles de producción de semilla de *Lotus corniculatus* informados por McGraw et al. (1986) y citados por Ayala (2001) pueden acercarse a un máximo de 600 kg/ha, pero normalmente se registran rangos entre 50-175 kg/ha.

Boonman (1980) citado por Carámbula (1981) indica que los mayores rendimientos de semilla de calidad se logran cuando el desgrane en las inflorescencias alcanza un 30%, o sea aproximadamente cuatro semanas después que se obtuvo el máximo de inflorescencias. Esto indicaría que un tercio del potencial de las inflorescencias no contribuiría al rendimiento en el momento óptimo de cosecha, lo que también indica que si se inicia la cosecha al primer síntoma de desgrane los rendimientos de semilla con buena viabilidad serán inferiores entre un 20-50% comparados con los obtenidos en la época de cosecha óptima.

Carámbula (1981) menciona para Lotus que los síntomas de maduración se dan cuando el 40-60% de las chauchas se encuentran marrones y maduras, debiendo estar las semillas llenas. En cambio para Trébol blanco se dan cuando la mayoría de las flores están marrones y las semillas amarillas, debiendo estar duras y ser posible trillarlas fácilmente con la mano.

En *Lotus corniculatus* las dos variables más importantes que determinan la obtención de altos rendimientos de semilla son la fecha de cierre y el manejo previo (García et al., 1991). Formoso (1996) afirma que el potencial de producción de semillas y vainas de esta especie disminuye a medida que se atrasan las fechas de cierre, determinando además una mayor concentración en los picos de producción de semilla. Bologna (1996) determinó una inferior calidad de semilla al atrasar la fecha de cierre, disminuyendo el peso de mil granos, la viabilidad, la germinación y el porcentaje de semillas duras. Por su parte, Suckling et al. (1978) mencionan que en Nueva Zelanda solamente se necesitan 18 días entre la floración y la maduración de las de Lotus y Trébol blanco.

En todos los tratamientos de fecha de cierre la semilla dura ha tenido una fuerte relación positiva con la viabilidad de la semilla ($r^2 = 0.93$). Estas tendencias en los rendimientos de semilla y los componentes de calidad corroboran resultados presentados por Anderson (1955) y Stephenson (1984) quienes observaron que vainas formadas temprano producían mayor cantidad de semillas y de mejor calidad que vainas formadas tarde.

Así, la obtención de semillas duras es deseable para la regeneración y mantenimiento de poblaciones de pasturas a través de la dispersión por animales y para

el desarrollo del banco de semillas (Suckling, 1960). Olmos (1996) también encontró una relación lineal entre la producción de semilla de Lotus y el reclutamiento posterior.

La defoliación previa al cierre es mencionada por Formoso (1996) como una variable de manejo que permitió mayores rendimientos para aquellos tratamientos con pastoreos menos frecuentes donde se posibilitó la mayor acumulación de reservas. Para *Lotus corniculatus* es necesaria una buena densidad de tallos como componentes del rendimiento capaces de florecer para optimizar la producción de la semilla. Los tallos desarrollados en Octubre, Noviembre y Diciembre son particularmente importantes en la determinación del potencial de producción (Bologna, 1996).

En Uruguay el 63% de los semilleros de Trébol Blanco se cierran entre la segunda quincena de Octubre y fines de Noviembre (García et al., 1991). En Trébol blanco cv. Estanzuela Zapicán, los cierres a mediados de Setiembre determinan generalmente la obtención de mayores rendimientos de semilla. En cambio cuando, se registran abundantes precipitaciones en primavera los cierres de Octubre presentan mayores potenciales de producción de semilla (Formoso, 1996).

Las condiciones más favorables para casi todos los componentes del rendimiento se dan en la primavera tardía y el verano temprano. La obtención de los máximos rendimientos de semilla se basan en tres criterios. En primer término, la rápida y mayor aparición de cabezuelas por unidad de superficie. Segundo, las condiciones deben ser ideales para el desarrollo de las flores desde la antesis hasta la madurez de la semilla, y finalmente la pérdida de semilla madura debe ser mínima antes y durante la cosecha (Thomas, 1987).

Para Trébol blanco, Zaleski (1961) reportó disminución del peso de mil granos de semillas producidas a mediados de verano frente a las producidas a principio de primavera (0.60g-0.56g). Cliford (1979) menciona para Nueva Zelanda una reducción de Setiembre a Diciembre de 0.70g a 0.60g en el peso de mil granos. Por su parte, Hyde (1953) citado por Harris (1987) reportó una alta correlación negativa entre el porcentaje de semillas duras y la humedad a la que maduró.

El tamaño de semilla esta fuertemente determinado por las condiciones fisiológicas en que se formó, la posición de la semilla en la planta, el aporte de nutrientes durante su formación y las condiciones medioambientales bajo las que se desarrolló. El *Lotus corniculatus* al tener floración indeterminada experimenta un amplio rango de condiciones ambientales durante el desarrollo de la semilla (Cooper, 1977).

2.5 COMENTARIOS FINALES.

En Uruguay, la información disponible reporta reiteradamente la problemática de la persistencia en los mejoramientos de campo. Este método de incorporación de especies leguminosas al tapiz nativo además de resultar de fácil operativa para los productores e implicar menores costos que una pradera convencional, ha demostrado ser el mejor adaptado a las condiciones medioambientales de la Región Este.

Sin embargo dos de las especies más utilizadas en este tipo de mejoramientos (*Lotus corniculatus* y *Trifolium repens*) muestran limitaciones de persistencia. Se han reportado durante años diversos problemas de susceptibilidad de estas especies en referencia a las condiciones ambientales. Como ejemplo se puede mencionar a nivel edáfico la fertilidad, el drenaje imperfecto, la capacidad de almacenaje de agua o la acidez. También la búsqueda de un equilibrio entre la mejor utilización y la mayor longevidad de la pastura plantea un problema frecuente ya que no siempre las prácticas que favorecen uno de estos aspectos favorece al otro.

Existen tres elementos fundamentales para el entendimiento de la dinámica poblacional de una comunidad vegetal, que son la semillazón, el reclutamiento y la sobrevivencia. El banco de semillas del suelo se posiciona como el elemento central en estos procesos.

De esta forma adquiere gran importancia la posibilidad de evaluar en forma rápida y precisa procesos como la semillazón, las pérdidas de semilla producida, las entradas y salidas al banco de semillas y los factores que afectan la dormancia. El conocimiento de las pérdidas de semillas del banco, los factores que ocasionan su muerte y la actividad de predadores permitiría un mejor entendimiento de la dinámica de los mismos.

En cuanto al proceso de reclutamiento también se plantean ciertas interrogantes. La información referente a germinación, ablandamiento de semillas duras y ondas de emergencia aparece en forma fraccionada y muchas veces haciendo referencia a condiciones muy distintas a las encontradas en Uruguay. El conocimiento de la regeneración de una pastura a partir de su banco de semillas, las posibilidades de sobrevivencia de sus plántulas y de transformarse en adultas reproductivas se vuelve cada vez más importante en el manejo de una pastura atendiendo a su persistencia. Por otra parte, los agentes causales que impiden que una comunidad se reproduzca en forma sexual, posibilitando solamente su propagación vegetativa y comprometiendo su capacidad de permanencia en el largo plazo es también tema de gran interés, ya que esta situación ocurre frecuentemente en los mejoramientos de campo.

Este trabajo plantea el estudio integrado de los diversos factores que afectan la dinámica poblacional de una pastura como forma de lograr el entendimiento de la

problemática de persistencia en este tipo de mejoramientos. Seguramente la mayoría de las causas que determinan el fin de la vida de un mejoramiento de campo son bien conocidas por técnicos y muchos productores. Sin embargo, a pesar de ello, los problemas de escasa persistencia en los mejoramientos continúan. Esto indicaría que quizás los problemas han sido abordados en forma particular y no desde una óptica que sea capaz de englobar todo el sistema.

El presente estudio se orienta en la búsqueda de soluciones a varios de los problemas mencionados (semillazón, banco de semillas, reclutamiento), aspectos sobre los que se cuenta con escasa información a nivel nacional. De este modo, sería posible establecer recomendaciones de manejo más adecuadas para los mejoramientos de campo

3 MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1 UBICACIÓN.

El ensayo se realizó en la Unidad Experimental Palo a Pique (UEPP) (INIA Treinta y Tres), sobre un Argisol Subéutrico de la Unidad Alférez. Se evaluó un mejoramiento de campo sembrado en cobertura en Mayo de 1996 utilizando una densidad de siembra de 4.5 kg/ha de *Trifolium repens* (cv. Estanzuela Zapicán) y 8 kg/ha de *Lotus corniculatus* (cv. San Gabriel). La fertilización a la siembra se realizó a una dosis de 60 kg/ha de P₂O₅, las refertilizaciones se realizaron todos los años en otoño con 40 kg/ha de P₂O₅, utilizándose como fuente Superfosfato Simple (0-21-23-0). El tapiz nativo está constituido mayormente por especies estivales perennes (80-85%) entre las que se destacan *Paspalum notatum* y *Axonopus affinis* con un porcentaje importante de la producción de forraje (Ayala et al., 1999).

3.2 TRATAMIENTOS.

Los tratamientos consistieron en la combinación de cuatro estrategias de defoliación y dos intensidades de defoliación.

Estrategias de defoliación

- a) Pastoreo frecuente (S1).
- b) Pastoreo frecuente más cierre durante el verano para permitir semillar (S2).
- c) Pastoreo frecuente durante otoño y primavera con cierre de invierno y de verano (S3).
- d) Pastoreo frecuente durante invierno y primavera con cierre de otoño para diferimiento y cierre de verano para semillar (S4).

Intensidades de defoliación

Todos los sistemas fueron pastoreados con lanares hasta dos alturas de forraje residual (4 y 10 cm). Durante los períodos de utilización los pastoreos se realizaron cada 30 días, siendo los períodos de ocupación en torno a 10-12 horas. Los tratamientos fueron combinados en un diseño factorial en bloques al azar con cuatro repeticiones, completando 32 parcelas de 110 m² cada una.

Las variables estudiadas fueron: producción de semilla, determinación del banco de semillas del suelo y reclutamiento de plántulas de las leguminosas mencionadas.

3.3 VARIABLES ESTUDIADAS.

3.3.1 Producción de semilla

Se midió la producción de semilla, componentes del rendimiento, calidad de semilla y las curvas de semillazón de ambas especies. Estas evaluaciones se realizaron en dos períodos: 1) desde Diciembre de 1998 hasta Febrero de 1999 y 2) desde Diciembre de 1999 hasta Febrero del 2000.

El procedimiento de campo consistió en la colecta de vainas de Lotus y cabezuelas de Trébol blanco en dos áreas predeterminadas de 0.1m² por parcela. La cosecha se realizó semanalmente solamente si estaban maduras y el criterio utilizado fue que las vainas de Lotus estuvieran de color marrón oscuro y las cabezuelas de Trébol blanco con el tercio superior de su pedúnculo seco y fáciles de trillar con la mano. Los procedimientos de laboratorio consistieron en el conteo de inflorescencias y luego de la trilla manual, se realizaron determinaciones del número de semillas, peso y test de germinación para evaluar los componentes del rendimiento y calidad de semilla.

3.3.2 Determinación del banco de semillas del suelo

Las evaluaciones se realizaron en tres momentos. La primera en Abril de 1998 para determinar el banco de semillas inicial, la segunda en Marzo de 1999 y la última en Marzo del 2000.

La secuencia de procedimientos fue la siguiente (Ayala, 2001):

1. Colección de muestras a nivel de campo. Se tomaron al azar seis muestras de suelo (cores) por parcela, de 22,9 cm² y 5 cm de profundidad.

2. Rutina de laboratorio.

2.1 Desmenuzado a mano. Este primer paso tiene como objetivo eliminar los restos vegetales más grandes, piedras, etc. Se utilizaron solamente los tres primeros centímetros del perfil de la muestra, ya que en éstos se encuentra la mayor parte de la semilla presente. Se realizó el desmenuzado a mano y en seco (Figura 2.1).

2.2. Pasaje por zarandas. Se pasa el material desmenuzado por una serie de zarandas (4.7 mm, 2mm y 0.5mm), se descarta el material de mayor tamaño (>4.7mm) así como las partículas menores al tamaño de las semillas (<0.5mm). Este procedimiento fue repetido en algunos casos en función de la cantidad de material vegetal acompañante y del contenido de humedad de la muestra (Figura 2.2).

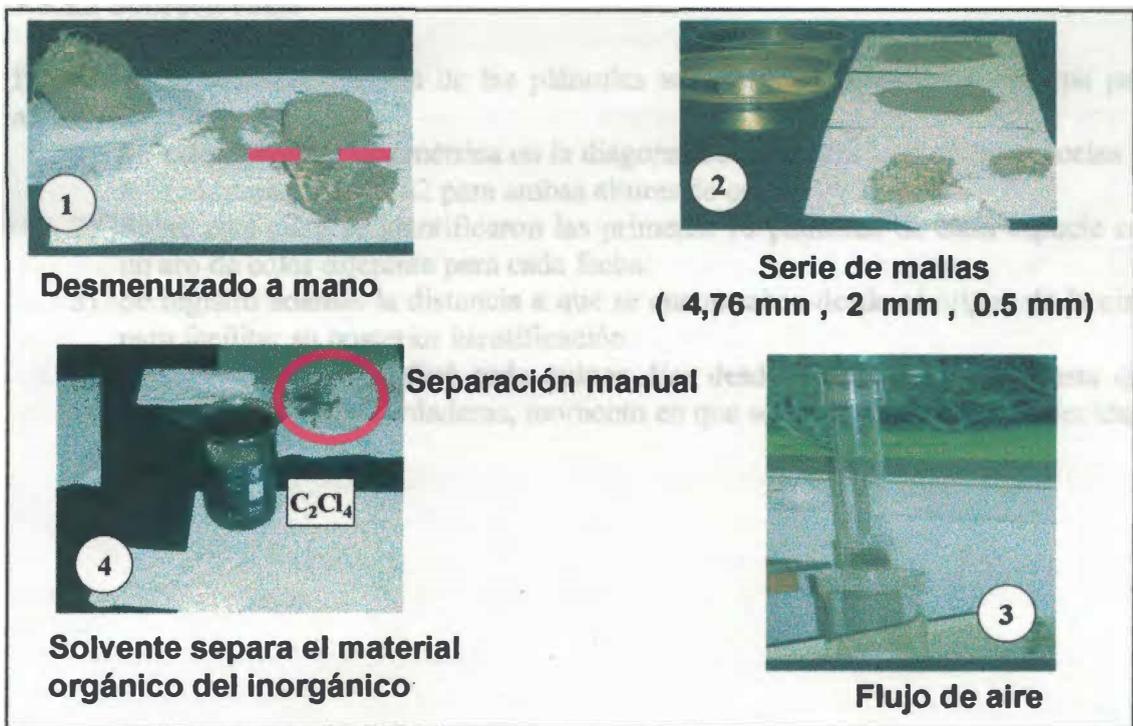
las partículas menores al tamaño de las semillas (<0.5mm). Este procedimiento fue repetido en algunos casos en función de la cantidad de material vegetal acompañante y del contenido de humedad de la muestra (Figura 2.2).

2.3. Separación a través del flujo de aire. El material remanente de la etapa anterior se procedió a pasarlo por un flujo de aire a los efectos de descartar material vegetal finamente molido. La maquina utilizada fue la Seedburo Seed Blower 757, con un tubo de 5 cm de diámetro y una apertura de 2 cm, ésta apertura evita un excesivo flujo de aire lo que puede llevar a una pérdida de semillas (Figura 2.3).

2.4. Separación a través de un solvente orgánico de alta densidad. Se vuelca la muestra dentro de un Becker (250 ml), el cual contiene C_2Cl_4 (Percloroetileno) (densidad: 1.6). Dicho solvente permite la separación del material inorgánico (precipitado) del orgánico (sobrenadante). Se extrajo el sobrenadante y se colocó sobre un papel a secar (Figura 2.4).

2.5. Separación manual. Se separaron bajo la lupa las semillas según su especie del restante material orgánico extraído.

2.6. Estimación de parámetros. Luego de tener identificadas y separadas las semillas por especie para cada tratamiento se procedió al conteo, pesaje y test de germinación. Esto permitió la obtención de parámetros de calidad de semilla de interés (peso de mil semillas, porcentaje de germinación, porcentaje de semillas duras, porcentaje de semillas frescas y en mal estado). Las pruebas de germinación se llevaron a cabo según las especificaciones de ISTA (1985).



3.3.3 Reclutamiento de plántulas

Se evaluaron dos variables para entender la dinámica del reclutamiento de plántulas. Por un lado el número de emergencias por unidad de superficie y por otro lado el porcentaje de sobrevivencia de plántulas a través del tiempo.

3.3.3.1 Evaluación de emergencias

La emergencia de plántulas a partir del banco de semillas del suelo fue medida en tres oportunidades. La primera se realizó entre Junio y Diciembre de 1998 y consistió en la extracción de cuatro muestras de suelo (cores) de 22,9 cm² y 5 cm de profundidad de cada parcela. Luego fueron colocados en un área adyacente al ensayo, mantenida sin cobertura vegetal y sin que fueran pastoreados. Las plántulas emergidas de estas muestras de suelo se extraían semanalmente.

En la segunda ocasión (de Marzo a Agosto de 1999), la emergencia fue evaluada ~~semanalmente~~ en un cuadro fijo de 0.1 m² en cada parcela, mientras que la tercera evaluación se realizó entre Abril y Agosto del 2000. En esta última ocasión el número de plántulas emergidas por superficie se obtuvo a partir de las registradas en una superficie predeterminada de 300 cm². En ambas oportunidades las plántulas eran extraídas para evitar contarlas nuevamente en posteriores emergencias.

3.3.3.2 Sobrevivencia

El porcentaje de sobrevivencia de las plántulas se obtuvo de la siguiente forma para ambas especies:

- 1) Se extendió una cinta métrica en la diagonal de dirección N-S en las parcelas de los tratamientos S1 y S2 para ambas alturas de corte (4 y 10 cm).
- 2) Sobre esta cinta se identificaron las primeras 10 plántulas de cada especie con un aro de color diferente para cada fecha.
- 3) Se registró además la distancia a que se encontraban desde el origen de la cinta para facilitar su posterior identificación.
- 4) El seguimiento se realizó cada quince días desde su identificación, hasta que tenían cuatro hojas verdaderas, momento en que se les consideraba establecidas.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En primera instancia se presenta la información obtenida de los parámetros climáticos (lluvia y temperatura) correspondientes al período evaluado y a la serie histórica (Sección 4.1). En segundo término los resultados obtenidos correspondientes a la producción de semillas, componentes de rendimiento y patrones de semillazón de *Lotus corniculatus* y Trébol blanco (Sección 4.2). Seguidamente se presenta la información referente a la evaluación de los bancos de semillas del suelo para las especies consideradas (Sección 4.3), seguido por los resultados de la emergencia de plántulas de *Lotus corniculatus* y Trébol blanco y su relación con el banco de semillas correspondiente (Sección 4.4). Finalmente se presenta la información sobre sobrevivencia de plántulas (Sección 4.5).

4.1 PARÁMETROS CLIMÁTICOS.

La información obtenida referente a lluvia y temperatura durante la serie 1992-2000 permitió la obtención del promedio mensual y su desvío estándar para ambos parámetros. De esta serie se destaca la escasa precipitación y acumulación de agua en el perfil del suelo durante el período comprendido entre la primavera de 1999 y principios de otoño del 2000 (Cuadro 2).

En el año 1998, las precipitaciones fueron un 20% mayores que los registros obtenidos en la serie 1992-2000. Sin embargo, la primavera de ese año fue más seca registrándose un 51% de lo normalmente acumulado en esa estación. En el verano siguiente las precipitaciones se mantuvieron dentro de lo esperado, siendo solo un 6% inferiores a la serie histórica.

Las precipitaciones en el verano 1999 fueron solo un 4% inferiores a la serie 1992-2000. En cambio en la primavera de 1999 las precipitaciones estuvieron un 53% por debajo del promedio de la serie, continuándose el déficit hasta el verano del 2000 donde las precipitaciones estuvieron un 33% por debajo de las obtenidas en la serie para esta estación.

Al observar el balance hídrico del período 1999-2000 en la Unidad Experimental Palo a Pique (Figura 3) se nota que la sequía comenzó a gestarse a partir de Julio-Agosto de 1999, último momento en que el suelo se encontró a capacidad de campo hasta Febrero del 2000, cuando se comenzó a revertir el déficit hídrico (Carámbula y Terra, 2000).

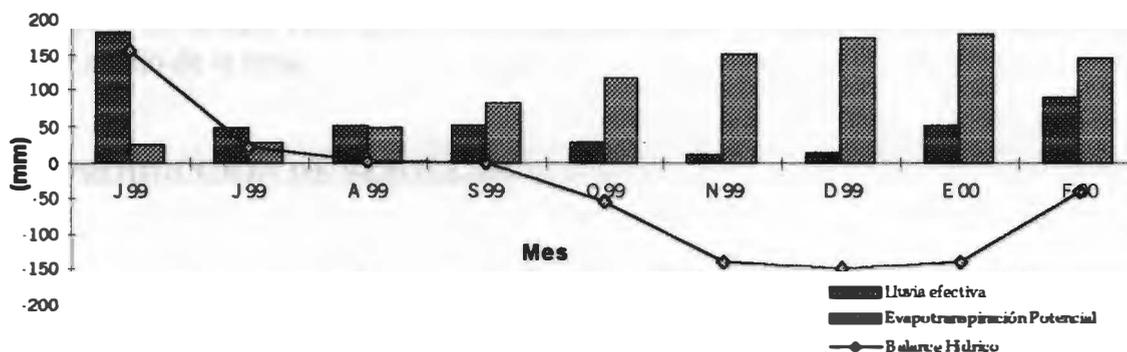


Figura 3. Balance hídrico del período Junio de 1999 a Febrero del 2000 en la Unidad Experimental Palo a Pique (Fuente: Carámbula y Terra, 2000).

En resumen, es posible afirmar que se trató de un período primavero-estival con características secas, ya que el déficit acumulado de estas dos estaciones a fines de verano del 2000 fue de 253 mm. Esta situación se vió agravada si se tiene en cuenta que el promedio de temperatura para el verano del 2000 fue 2°C mayor que el promedio registrado en la serie 1992-2000.

Cuadro 2. Parámetros climáticos registrados en la Unidad Experimental Palo a Pique durante la serie 1992-2000 (Lluvia en mm. y temperatura en °C medida a 5 cm de profundidad en el suelo*).

	Periodo 1992-2000				Año 1998		Año 1999		Año 2000	
	Lluvia Promedio	Desvío	Temperatura Promedio	Desvío	Promedio Lluvia	Promedio Temperatura	Promedio Lluvia	Promedio Temperatura	Promedio Lluvia	Promedio Temperatura
Enero	92.9	53.6	27.4	2.05	146.8	24.6	48.2	27.2	59.7	30.1
Febrero	116.8	55.3	26.0	1.56	58.4	25.7	121.3	27.1	124.1	27.6
Marzo	104.3	35.1	24.5	1.47	97.5	22.6	138.8	26.9	56.4	24.5
Abril	148.4	86.0	19.8	0.78	287.7	20.2	87.0	18.7	241.6	18.3
Mayo	118.4	86.4	15.7	1.05	128.2	15.8	45.9	15.0	269.7	14.1
Junio	126.0	62.4	12.4	1.11	168.4	12.6	258.7	12.1	148.2	13.0
Julio	107.4	76.3	11.6	1.60	213	13.5	60.6	12.3	91.6	9.9
Agosto	93.0	57.7	13.6	1.11	99.0	14.0	67.8	13.8	31.6	11.4
Setiembre	97.2	62.3	15.9	1.49	56.9	16.5	63.7	16.9	204.8	13.5
Octubre	85.9	36.6	19.9	1.57	63.0	21.5	39.6	19.8	53.3	16.5
Noviembre	78.9	40.5	23.7	2.37	71.3	23.9	19.5	24.4	62.2	18.4
Diciembre	103.8	89.2	26.4	2.75	133.0	25.5	26.0	27.7	105.3	21.5
TOTAL	1273.1				1523.2		977.1		1448.5	

* Los datos de temperatura corresponden a la Unidad Experimental Paso de la Laguna.

Por su parte la temperatura en la primavera de 1998 fue solamente 1°C mayor al promedio de la serie 1992-2000 y en el verano 1998-1999 coincidió exactamente con el valor medio de la serie.

4.2 PRODUCCIÓN DE SEMILLAS.

En general se observó una variación importante entre años en la producción de semillas. En el segundo año el rendimiento de *Lotus corniculatus* fue solamente el 13 % de lo obtenido en el primer año ($P < 0.01$, SEM 0.679, Cuadro 3) y en Trébol blanco se obtuvo un equivalente al 2% del alcanzado en el primer año ($P < 0.01$, SEM 0.334, Cuadro 3).

Cuadro 3. Producción anual de semillas (g/m^2) de *Lotus corniculatus* y Trébol blanco en mezcla bajo diferentes estrategias e intensidades de defoliación durante dos años.

Estrategia de defoliación	Año 1 (98-99)		Año 2 (99-00)	
	<i>Lotus corniculatus</i>	Trébol blanco	<i>Lotus corniculatus</i>	Trébol blanco
S1	0.6	2.5	0.2	0.004
S2	9.7	4.3	0.9	0.024
S3	15.0	4.2	1.0	0.000
S4	9.5	6.4	2.4	0.024
SEM (n)	1.26 (16)	0.73 (16)	0.39 (16)	0.007 (16)
Significancia	**	NS	NS	NS
Intensidad de defoliación	Año 1 (98-99)		Año 2 (99-00)	
4 cm	6.9	2.0	1.0	0.006
10 cm	10.5	6.6	1.2	0.020
SEM (n)	0.89 (32)	0.52 (32)	0.28 (32)	0.0046 (32)
Significancia	NS	**	NS	NS
Media general	8.7	4.3	1.1	0.01

** $P < 0.01$; * $P < 0.05$; NS, no significativo; SEM, error estándar de la media; (n), número de observaciones

No hubo efectos de interacción significativos, por lo cual el Cuadro 3 muestra los efectos principales en estudio en cada especie (estrategia e intensidad de defoliación), siendo presentados en forma independiente por año debido a las disparidades en los rendimientos de semilla.

En el primer año la producción de semillas de *Lotus corniculatus* fue afectada significativamente ($P<0.01$) por las diferentes estrategias de pastoreo, siendo el rendimiento del sistema con pastoreo frecuente (S1) solamente un 6% del obtenido en el sistema con cierre estival (S2). El sistema con descanso invernal (S3) mejoró la producción de semillas de *Lotus corniculatus* un 55% en comparación con los otros sistemas con descanso (Cuadro 3).

Los efectos de las estrategias de manejo en Trébol blanco no fueron significativos, aunque en el sistema S1 se registró una tendencia hacia una menor producción de semillas que en los otros tratamientos (Cuadro 3).

La intensidad de defoliación no afectó la producción de semillas en Lotus, mientras que en Trébol blanco la defoliación intensa (4 cm) redujo ($P<0.01$) la producción de semillas al 32% del obtenido en las defoliaciones menos severas (10 cm) (Cuadro 3).

Durante el segundo año, la producción de semillas de *Lotus corniculatus* y Trébol blanco no fue afectada por la estrategia de pastoreo ni por la intensidad de defoliación (Cuadro 3).

4.2.1 Componentes del rendimiento

Inicialmente en Mayo de 1998, la densidad de plantas de *Lotus corniculatus* era de 86 plantas/m², observándose una interacción fecha x estrategia de defoliación ($P<0.05$), no registrándose otras interacciones.

La densidad de plantas de *Lotus corniculatus* se incrementó en promedio un 34% desde Mayo de 1998 a Mayo de 1999, pero disminuyó un 54% desde esa fecha a Marzo del 2000. Durante el primer año se registraron diferencias entre las estrategias de defoliación en Mayo de 1999. La densidad de plantas en los sistemas S3 y S4 fue un 20% mayor en promedio que en los sistemas S1 y S2, y 10% mayor en tapices pastoreados a 10 cm que en los pastoreados a 4 cm.

El sistema de defoliación afectó significativamente la densidad de plantas (en Mayo $P<0.01$, en Setiembre $P<0.01$ y en Diciembre $P<0.05$), S3 y S4 tenían mayor densidad que S1 y S2. La intensidad de defoliación también afectó la población (en Mayo $P<0.01$,

en Setiembre $P < 0.05$ y en Diciembre de 1999 $P < 0.01$ respectivamente), observándose a 10 cm de altura mayor densidad que a 4 cm.

La reducción de la población de plantas de *Lotus corniculatus* fue alta durante la primavera de 1999 y el verano siguiente debido a las condiciones de sequía imperantes. La población disminuyó un 45% en el verano del 2000 hasta valores de 42 plantas/m². No se registraron diferencias en la densidad final entre tratamientos observándose el tapiz abierto y heterogéneo.

Durante el período de seca fueron monitoreados los puntos de crecimiento de Trébol blanco. En Diciembre de 1999 se registraron diferencias significativas entre alturas de defoliación (29 y 11 puntos de crecimiento para 10 y 4 cm respectivamente, SEM 6.7, $P < 0.05$). Los puntos de crecimiento se localizaban en general en áreas cubiertas por gramíneas nativas o por material muerto. En Marzo del 2000 no se detectaron puntos de crecimiento de Trébol blanco en ninguno de los tratamientos bajo estudio.

Cuadro 4. Inflorescencias/m² (I), semillas viables/m² (S) y peso de mil semillas en gramos (P) de *Lotus corniculatus* y Trébol blanco en mezcla bajo diferentes estrategias e intensidades de defoliación durante dos años.

	Año 1 (98-99)						Año 2 (99-00)					
	<i>Lotus corniculatus</i>			Trébol blanco			<i>Lotus corniculatus</i>			Trébol blanco		
	I	S	P	I	S	P	I	S	P	I	S	P
Estrategia de defoliación												
S1	30	410	1.20	135	4850	0.55	20	150	1.12	2	5	0.62
S2	345	8995	1.18	215	7585	0.56	70	710	1.21	5	35	0.62
S3	540	11105	1.24	345	7135	0.54	100	805	1.21	2	0	—
S4	340	7020	1.19	310	11360	0.55	200	1800	1.25	6	30	0.48
SEM (n=16)	46.1	1594	0.0734	96.3	1432	0.036	29.2	300	0.054	1.5	9	0.027
Significancia	**	**	NS	NS	NS	NS	NS	**	NS	NS	*	NS
Intensidad de defoliación												
4cm	260	4850	1.24	120	4100	0.55	90	765	1.18	1	10	0.53
10cm	365	8920	1.17	380	11365	0.55	105	965	1.23	6	30	0.57
SEM (n=32)	32.6	1127	0.038	68.1	1013	0.0265	20.7	197	0.0325	1	7	0.0192
Significancia	NS	*	NS	*	**	NS	NS	NS	NS	*	*	NS

** $P < 0.01$; * $P < 0.05$; NS, no significativo; SEM, error estándar de la media; (n), número de observaciones

El número de inflorescencias/m² en *Lotus corniculatus* fue afectado ($P < 0.01$) por las estrategias de defoliación en el primer año, mostrando el sistema con pastoreo frecuente (S1) solamente 9% de las inflorescencias del sistema con cierre estival (S2), mientras que en el sistema con cierre en invierno (S3) el número de inflorescencias de *Lotus corniculatus* fue mayor aún (18 veces) que en el sistema S1 (Cuadro 4).

En el segundo año no hubo efectos de las estrategias de defoliación en el número de inflorescencias/m² de *Lotus corniculatus*. La intensidad de defoliación tampoco afectó el número de inflorescencias/m² en ninguno de los dos años (Cuadro 4).

En Trébol blanco, el número de inflorescencias/m² fue afectado ($P < 0.05$) por la intensidad de defoliación solamente en el primer año; siendo las inflorescencias/m² registradas bajo defoliación intensa (4 cm) un 32% de las obtenidas bajo la altura de defoliación más aliviada (10 cm).

El número de semillas viables producidas en *Lotus corniculatus* fue afectado en los dos años por las estrategias de defoliación ($P < 0.01$). El sistema con pastoreo frecuente (S1) tuvo el número más bajo de semillas viables, pero este se incrementó con el alivio invernal (S3) en el primer año y el diferimiento otoñal (S4) del segundo año. La intensidad de defoliación afectó el número de semillas viables ($P < 0.05$) en el primer año, registrándose en el tapiz intensamente defoliado (4 cm) un 54% de la semilla viable obtenida en el pastoreo aliviado (10 cm).

El número de semillas viables en Trébol blanco no fue afectado en el primer año por las estrategias de defoliación, pero hubo diferencias en el segundo año a pesar de la escasa producción. El sistema con descanso estival (S2) aumentó el número de semillas viables así como el sistema con diferimiento otoñal (S4) (Cuadro 4). La intensidad de pastoreo afectó significativamente la producción de semillas viables en los dos años ($P < 0.01$ y $P < 0.05$ respectivamente). En ambos casos en número de semillas obtenidas fue mayor cuando se pastoreaba a 10 cm que a 4 cm.

El peso de mil semillas para ambas especies no fue afectado por los diversos tratamientos de defoliación y no varió significativamente durante los años evaluados. Los promedios generales para el peso de mil semillas fueron 1.20 y 0.56 g. para *Lotus corniculatus* y Trébol blanco respectivamente.

4.2.2 Patrones de semillazón

Durante la semillazón 1998-1999 la colecta de semillas de *Lotus corniculatus* comenzó el 22 de Enero y continuó hasta fines de Febrero. Se observó una interacción fecha x estrategia de defoliación ($P < 0.01$) y una interacción fecha x intensidad de defoliación ($P < 0.01$) (Figuras 4 y 5), iniciándose la semillazón más temprano en Trébol blanco con respecto a *Lotus corniculatus*. La primera colecta de semillas de Trébol blanco fue el 24 de Diciembre. Los tratamientos con descanso en *Lotus corniculatus* (S2, S3, y S4) comenzaron a producir semillas maduras más temprano que el tratamiento sin descanso (S1). A principios de Febrero el sistema con descanso invernal (S3) fue significativamente más productivo que los otros, mientras que el sistema sin descanso (S1) mostró la menor producción de semillas. A fines de Febrero, las estrategias de defoliación continuaban afectando la producción de semillas, el sistema sin descanso (S1) produjo menos que los demás tratamientos

En el primer año el efecto de la intensidad de defoliación en la producción de semillas en *Lotus corniculatus* fue observado solamente en la primera colecta de semillas. En ese momento las parcelas defoliadas a 4 cm produjeron el 14% de semilla respecto a las parcelas defoliadas a 10 cm (Figura 4).

Durante el año 2 la producción de semillas fue muy escasa comparada con el año 1. Hubo efectos de las estrategias de defoliación solamente a principios de Enero (Figura 4), cuando el sistema con alivio de otoño (S4) produjo más que los otros tratamientos. No se registraron efectos de la intensidad de defoliación (Figura 4).

En el año 1 se observaron efectos significativos de las estrategias de defoliación en la producción de semillas de Trébol blanco a principios de Enero y a principios de Febrero ($P < 0.05$ en ambos casos, Figura 5). El tratamiento con pastoreo frecuente (S1) produjo menos que el tratamiento con descanso estival (S2). La intensidad de la defoliación afectó la producción de semillas de Trébol blanco desde fines de Diciembre hasta principios de Febrero (Figura 5), siendo en todos los casos la defoliación a 10 cm más beneficiosa que la defoliación a 4 cm.

En el segundo año no se registraron efectos de las estrategias de defoliación ni de las alturas de corte en Trébol blanco, siendo la producción de semillas escasa y concentrada en el muestreo de principios de Enero (Figura 5).

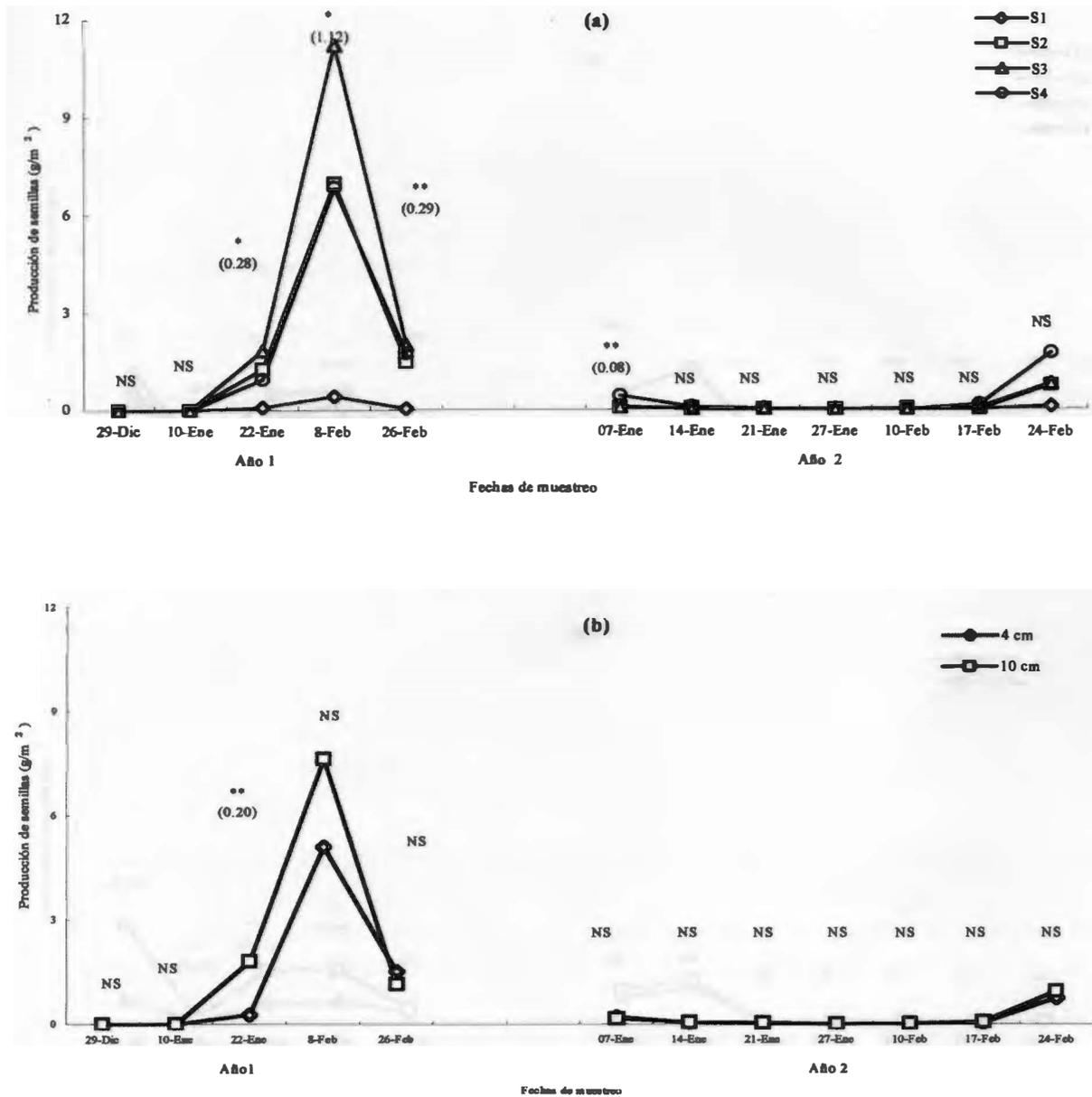


Figura 4. Patrones de semillazón de *Lotus corniculatus* (g/m²) en dos veranos, afectados por las estrategias de defoliación (a) y por la intensidad de defoliación (b). **, P<0.01; *, P<0.05; NS, no significativo; entre paréntesis, SEM, error estándar de la media; (n_a=16, n_b=32), número de observaciones.

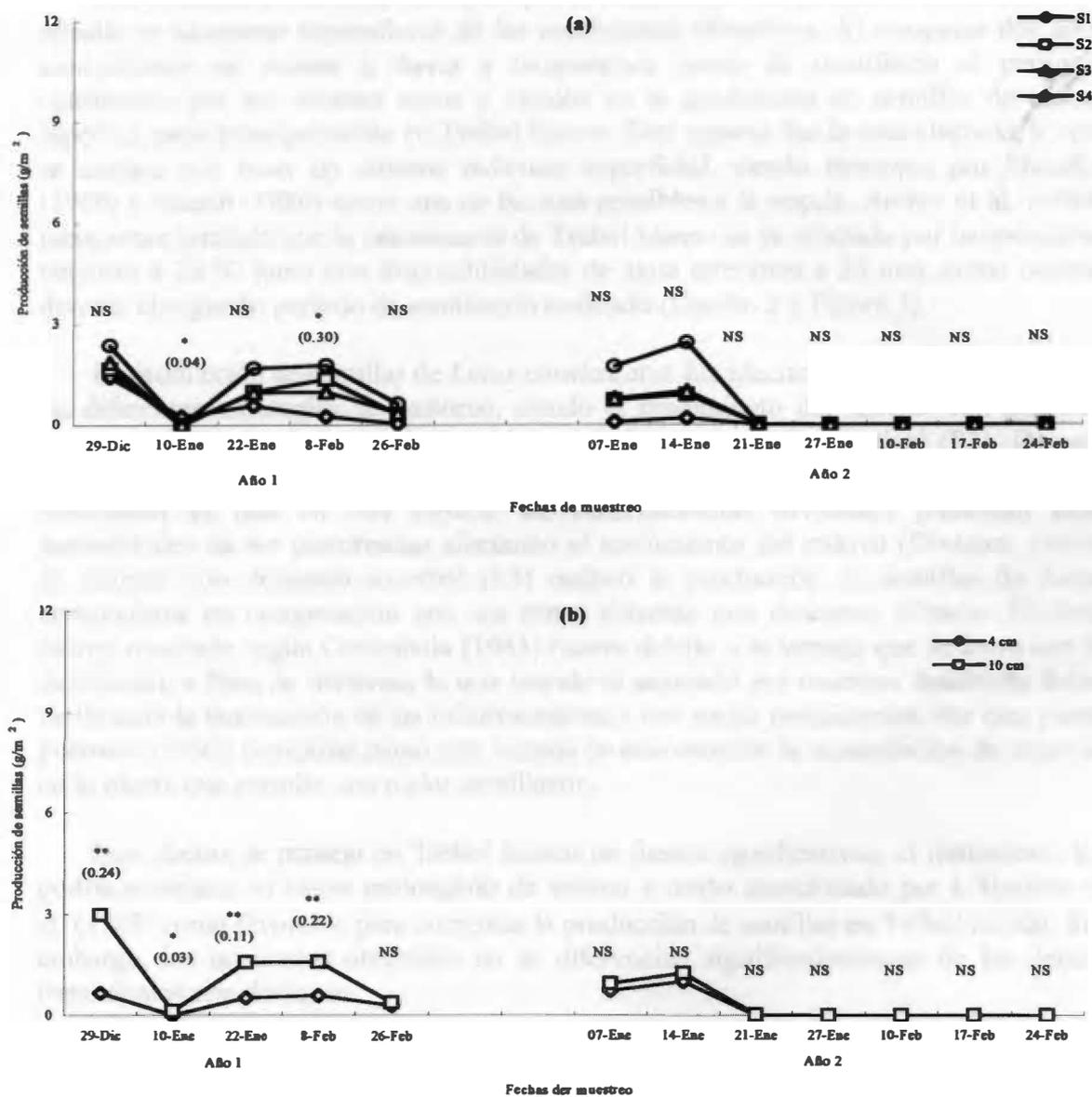


Figura 5. Patrones de semillazón de Trébol blanco (g/m²) en dos veranos, afectados por las estrategias de defoliación (a) y por la intensidad de defoliación (b). **, P<0.01; *, P<0.05; NS, no significativo; entre paréntesis, SEM, error estándar de la media; (n_a=16, n_b=32), número de observaciones.

4.2.3 Discusión

Los resultados obtenidos muestran que el rendimiento de semilla en los dos años en estudio es altamente dependiente de las condiciones climáticas. Al comparar dos años contrastantes en cuanto a lluvia y temperatura queda de manifiesto el perjuicio ocasionado por los veranos secos y cálidos en la producción de semillas de ambas especies, pero principalmente en Trébol blanco. Esta especie fue la más afectada, lo que se explica por tener un sistema radicular superficial, siendo descrita por Sheaffer (1989) y Sheath (1989) como una de las más sensibles a la sequía. Archer et al. (1989) mencionan también que la persistencia de Trébol blanco se ve afectada por temperaturas mayores a 20 °C junto con disponibilidades de agua inferiores a 35 mm, como ocurrió durante el segundo período de semillazón evaluado (Cuadro 2 y Figura 3).

La producción de semillas de *Lotus corniculatus* fue afectada significativamente por las diferentes estrategias de pastoreo, siendo el rendimiento del sistema con pastoreo frecuente (S1) muy inferior al obtenido en el sistema con cierre estival (S2). De este modo, se manifiesta la necesidad de realizar cierres durante el período de floración – semillazón ya que en esta especie las inflorescencias terminales presentan altas posibilidades de ser pastoreadas afectando el rendimiento del cultivo (Stoddart, 1961). El sistema con descanso invernal (S3) mejoró la producción de semillas de *Lotus corniculatus* en comparación con los otros sistemas con descanso (Cuadro 3). Este último resultado según Carámbula (1981) ocurre debido a la ventaja que se logra con la defoliación a fines de invierno, lo que impide el acamado por excesivo desarrollo foliar facilitando la iluminación de las inflorescencias y una mejor polinización. Por otra parte, Formoso (1996) menciona como otra ventaja en esta estación la acumulación de reservas en la planta que permite una mejor semillazón.

Los efectos de manejo en Trébol blanco no fueron significativos, el tratamiento S4 podría semejar al cierre prolongado de verano y otoño mencionado por L'Huillier et al. (1988) como favorable para aumentar la producción de semillas en Trébol blanco. Sin embargo, los resultados obtenidos no se diferencian significativamente de los demás tratamientos con descanso.

La intensidad de defoliación no afectó la producción de semillas en *Lotus corniculatus*, pero en Trébol blanco la defoliación intensa redujo la producción de semillas respecto al obtenido en las defoliaciones menos severas (Cuadro 3). Carámbula (1981, 1992) menciona que en semilleros de Trébol blanco es conveniente dejar un rastrojo de 7-10 cm de altura para no afectar el crecimiento foliar, favoreciendo la mayor extracción de agua y evitar los riesgos de sequía que al avanzar el verano puedan comprometer la floración. También Stoddart (1961) menciona que la severidad de la defoliación determina la población de inflorescencias, siendo las yemas remanentes por

debajo del nivel de pastoreo las encargadas de la recuperación de brotes florales, por lo tanto a mayor altura de defoliación se registra un mayor número de inflorescencias por planta. En cambio en el segundo año, la producción de semillas de ambas especies no fue afectada por la estrategia o la intensidad de pastoreo debido a que las condiciones hídricas adversas determinaron una producción de semillas mínima en todos los casos evaluados.

Los componentes del rendimiento fueron afectados por las estrategias e intensidades de pastoreo, coincidiendo con lo mencionado por Hodgson et al. (1989), quienes además consideraron los efectos de la defoliación en el porcentaje de supervivencia de unidades de crecimiento individuales.

En general la densidad de plantas de *Lotus corniculatus* se incrementó, siendo este aumento más notorio en los tratamientos con descanso invernal (S3) y otoñal (S4). Por otra parte en los tratamientos con pastoreos menos intensos la densidad de plantas fue mayor que bajo defoliación severa. Posteriormente en condiciones de sequía la población disminuyó notablemente sin registrarse diferencias entre tratamientos. En Trébol blanco había diferencias en el número de puntos de crecimiento evaluados en Diciembre de 1999, siendo mayor a defoliaciones leves. Las condiciones adversas posteriores determinaron la desaparición de esta especie del tapiz como era esperable (Hay, 1988, citado por Caradus et al., 1995). Este autor menciona que la estrategia de persistencia vegetativa del Trébol blanco consiste en el desarrollo de estolones nuevos durante la primavera y el verano, mientras van muriendo los estolones más viejos. De no poder alcanzar este equilibrio se compromete la posibilidad de esta especie de sobrevivir vegetativamente en el verano. Stevenson et al. (1985) mencionan que en ambientes secos el Trébol blanco tiende a perder hojas como forma de reducir la pérdida de agua, si el estrés continúa primero disminuye su crecimiento y luego muere.

El número de inflorescencias/m² de *Lotus corniculatus* fue menor en el sistema con pastoreo frecuente (S1) frente a los demás, aunque el sistema con cierre en invierno (S3) fue el mejor de los con descanso. Estos resultados coinciden con lo observado por Bologna (1996), respecto a la importancia de la densidad de tallos desarrollados de Octubre a Diciembre fundamentalmente en la determinación del potencial de semillazón. En Trébol blanco, el número de inflorescencias/m² fue menor bajo defoliación intensa que bajo la altura de defoliación más aliviada (10 cm), esto es esperable ya que según Clifford (1979), un manejo aliviado tendiente a mantener una población alta de estolones primarios vigorosos sería favorable para lograr una buena floración. Por el contrario un pastoreo más intenso lleva al desarrollo de un gran número de estolones secundarios y terciarios débiles que no contribuyen a lograr el máximo potencial productivo.

El número de semillas viables producidas en *Lotus corniculatus* fue afectado por las estrategias de defoliación, siendo el sistema con pastoreo frecuente (S1) el que obtuvo el menor número de semillas viables, pero este número se incrementó con el alivio invernal

(S3) en el primer año y el diferimiento otoñal (S4) del segundo año. Estos resultados coinciden con los reportados por Anderson (1955) y Stephenson (1984) quienes encontraron una alta relación positiva entre el número de semillas viables, el porcentaje de semilla dura y los cierres tempranos. La intensidad de defoliación también afectó el primer año, registrándose en el tapiz intensamente defoliado (4 cm) menor cantidad de semilla viable que en el pastoreo aliviado (10 cm).

En Trébol blanco el número de semillas viables fue afectado en el segundo año a pesar de la escasa producción, favoreciendo a los sistemas con descanso estival (S2) y con diferimiento otoñal (S4), además el número de semillas obtenidas fue mayor cuando se pastoreaba a 10 cm que a 4 cm en ambos años, coincidiendo con resultados de Olmos (2000) respecto a que la calidad de semillas se ve perjudicada por factores ambientales adversos (sequía) y manejo previo del pastoreo entre otros. Los resultados obtenidos refuerzan la importancia de permitir la semillazón de la pastura cuando las condiciones ambientales se suman en contra de la persistencia de esta, sobre todo en la Región Este donde los suelos presentan limitantes hídricas bastante considerables (Carámbula et al., 2000).

El peso de mil semillas para ambas especies no fue afectado por los diversos tratamientos de defoliación y no varió significativamente durante los años evaluados. Este componente del rendimiento se mostró estable frente a condiciones adversas, siendo los resultados obtenidos coincidentes con los reportados por Carámbula (1981) con valores de 1.2 g para *Lotus corniculatus* y 0.58 g para Trébol blanco. Las variaciones en este componente del rendimiento se deben principalmente a las condiciones ambientales en que se forma la semilla. Zaleski (1961) menciona un rango entre 0.56 g y 0.60 g para el peso de mil semillas de Trébol blanco al atrasar la fecha de cierre, mientras que Clifford (1979) reportó valores entre 0.60 g y 0.70 g en igual situación. Contrariamente a lo reportado por Hyde et al. (1959) en este caso las condiciones de sequía no perjudicaron el logro del potencial tamaño de semilla, ya que la cantidad de semilla obtenida fue escasa pero de buena calidad.

La semillazón de Trébol blanco comenzó más temprano que la de *Lotus corniculatus*. Estos resultados coinciden con Hill et al. (1999) cuando mencionan que para Trébol blanco la floración se induce luego de 12 horas de luz diarias y McKee (1963) para *Lotus corniculatus* menciona un mínimo de 14 horas de luz diarias para promover la floración. Los tratamientos con descanso (S2, S3, y S4) comenzaron a producir semillas maduras más temprano que el tratamiento sin descanso (S1) ya que en este caso la defoliación frecuente e intensa puede provocar una disminución de reservas que atrasa la floración, así como el efecto de la defoliación frecuente que elimina las flores formadas. Finalmente el sistema con descanso invernal (S3) fue el más productivo de los sistemas con descanso. Al respecto, Pritsch (1979) también observó una mayor producción de semillas de *Lotus corniculatus* cuando se efectuaron defoliaciones moderadas durante invierno y primavera.

En Trébol blanco al inicio de la semillazón se observaron efectos significativos de la estrategia de defoliación, mientras que la intensidad de defoliación afectó la producción de semillas durante todo el período. El tratamiento con pastoreo frecuente (S1) produjo menos al inicio y la defoliación a 10 cm fue más beneficiosa que la defoliación más intensa. Estos resultados coinciden con Carámbula (1981) quien menciona que la aplicación de defoliaciones frecuentes e intensas afectan la vitalidad del cultivo como consecuencia del desbalance entre el área foliar remanente y las sustancias de reserva perjudicando los procesos reproductivos.

Finalmente, resulta de importancia mencionar la incidencia de la semillazón en la dinámica poblacional de la comunidad vegetal. Mientras las condiciones ambientales son favorables ambas especies alcanzan niveles de producción de semilla satisfactorios, entre 6 y 150 kg/ha para *Lotus corniculatus* y entre 25 y 64 kg/ha para Trébol blanco. En cambio en condiciones desfavorables ambas especies disminuyen su productividad, siendo el Trébol blanco la más afectada (entre 0.04 y 0.24 kg/ha) frente a *Lotus corniculatus* (entre 2 y 24 kg/ha). De estos resultados se desprende la necesidad de lograr buenas semillazones en tapices mezcla independientemente del efecto año, ya que el verano es un período clave para la persistencia de las pasturas. Brougham (1970) y Carámbula (1992) sostienen que sería recomendable mantener la pastura de Trébol blanco con buen follaje de forma que tenga mayor capacidad de extraer agua. En cambio, Hart (1987) sostiene que el follaje abundante aumenta la transpiración y en consecuencia disminuye el agua disponible en el perfil. Santifiaque (2001) en Trébol blanco concluyó que bajo estrés hídrico moderado a severo la defoliación frecuente permitía la conservación de agua en el perfil. En *Lotus corniculatus* Santifiaque et al. (2001) determinaron que el grado de estrés hídrico y la defoliación frecuente perjudicaban el peso de raíces y que con pastoreo aliviado la transpiración era mayor al tener mayor área foliar y mayor peso de raíces. El problema de manejar ambas especies en verano indicaría que un pastoreo frecuente e intenso favorecería la conservación de agua, pero en cambio reduciría las reservas de la planta, atentando contra su persistencia en el largo plazo.

4.3 BANCO DE SEMILLAS DEL SUELO.

El banco de semillas de las leguminosas bajo estudio fue evaluado en tres oportunidades desde 1998 al 2000, con muestreos en otoño de cada año.

Inicialmente en Abril de 1998 el banco de semillas del suelo de *Lotus corniculatus* fue 4340 ± 1015 semillas/m², el peso de mil semillas fue 1.17 ± 0.010 g y el porcentaje de semillas duras fue de 64%. Para Trébol blanco, el banco fue de 2570 ± 1149

semillas/m², el peso de mil semillas de 0.58 ± 0.011 g con un porcentaje de semillas duras de 78%.

En Marzo de 1999 el banco de semillas de *Lotus corniculatus* fue afectado significativamente por las estrategias de defoliación ($P < 0.05$) y por la intensidad de defoliación ($P < 0.05$) (Cuadro 5). Se detectó una reducción del 10% en el número de semillas/m² de *Lotus corniculatus* respecto al primer año en el tratamiento sin descanso para semillazón (S1), mientras que en los tratamientos S2, S3 y S4 se registraron incrementos de 59, 78 y 66% respecto al año anterior. Para Trébol blanco el tratamiento sin descanso para semillazón (S1) fue similar a S2 y S3, sin embargo S4 fue un 67% mayor al promedio de los anteriores. En todos los tratamientos el banco de semillas de Trébol blanco fue mayor en 1999 que en 1998.

Cuadro 5. Banco de semillas del suelo (Nº/m²) y peso de mil semillas (g) en pasturas mezcla de *Lotus corniculatus* y Trébol blanco bajo diferentes estrategias e intensidades de defoliación durante dos años.

	Marzo de 1999				Marzo del 2000			
	<i>Lotus corniculatus</i>		Trébol blanco		<i>Lotus corniculatus</i>		Trébol blanco	
	Sem. /m ²	Peso de 1000 Semillas	Sem. /m ²	Peso de 1000 Semillas	Sem. /m ²	Peso de 1000 Semillas	Sem. /m ²	Peso de 1000 Semillas
Estrategias de defoliación								
S1	3895	1.22	7670	0.55	1810	1.17	3920	0.53
S2	6890	1.23	8780	0.56	3965	1.23	4550	0.57
S3	7725	1.23	8980	0.55	3450	1.25	6620	0.56
S4	7225	1.26	14070	0.56	4520	1.30	7495	0.56
SEM	968 (48)	0.029 (8)	1682 (48)	0.007 (8)	512 (48)	0.0337 (8)	989 (48)	0.0158 (8)
Significancia	*	NS	*	NS	**	NS	*	NS
Intensidad de defoliación								
4 cm	5050	1.26	6165	0.54	2395	1.24	3600	0.56
10 cm	7815	1.21	13580	0.56	4475	1.24	7690	0.55
SEM	684 (96)	0.021 (16)	1190 (96)	0.005 (16)	361 (96)	0.0238 (16)	699 (96)	0.011 (16)
Significancia	**	NS	**	*	**	NS	**	NS

** $P < 0.01$; * $P < 0.05$; NS, no significativo; SEM, error estándar de la media; (n), número de observaciones

La reserva fue mayor en los casos de defoliación a 10 cm frente a los pastoreos intensos, tanto para *Lotus corniculatus* como para Trébol blanco, incrementando el contenido de semillas del banco desde el muestreo inicial (1998). En Marzo de 1999 el peso de mil semillas de *Lotus corniculatus* no fue afectado por las estrategias y las intensidades de defoliación. En cambio, el peso de mil semillas en Trébol blanco fue afectado por la intensidad de pastoreo ($P<0.05$) (Cuadro 5), incrementándose bajo defoliación menos severa.

El banco de semillas de *Lotus corniculatus* en Marzo del 2000 fue afectado por las estrategias de defoliación ($P<0.01$) y por la altura de pastoreo ($P<0.01$). Hubo un efecto de los sistemas que permitieron períodos de descanso en el tamaño del banco de semillas (Cuadro 5) frente al sistema con pastoreo frecuente (S1), pero no entre los tratamientos con descanso ($S2=S3=S4$). El pastoreo más intensivo (4 cm) redujo ($P<0.01$) el banco de semillas un 46% en comparación con el banco del pastoreo más aliviado (10 cm). Se observó una interacción entre fecha x altura de defoliación (SEM 639, $P<0.05$), declinando el banco de semillas cuando se simulaba pastoreo continuo (S1) o cuando se aplicaba defoliación intensa (4 cm).

En el otoño del 2000 la reserva de semillas de Trébol blanco fue afectada por la estrategia de defoliación ($P<0.05$) y por la intensidad de defoliación ($P<0.01$) (Cuadro 5). No se registró un efecto del descanso estival ($S1=S2$), pero el sistema con alivio de otoño (S4) exhibió una reserva 91% mayor que el sistema sin descanso (S1). Con altura de pastoreo 4 cm se registró una reducción de las reservas de semillas de Trébol blanco de un 53% comparado con pastoreos a 10 cm (Cuadro 5). Con el tiempo se observó una significativa interacción fecha x altura de defoliación (SEM 1033, $P<0.05$). El banco de Trébol blanco se incrementó al final del primer año, luego disminuyó pero los registros permanecieron más altos que los valores iniciales (Abril de 1998) en todos los casos.

En Marzo del 2000 el peso de mil semillas para ambas especies no se vio afectado ni por la estrategia ni por la altura de defoliación (Cuadro 5).

4.3.1 Discusión

La evolución del banco de semillas para ambas especies durante el período evaluado fue regulada fundamentalmente por la entrada de semillas al banco a través de la semillazón (Figura 1). Bajo condiciones ambientales favorables *Lotus corniculatus* aumentó el banco de semillas en un 48%, pero el más beneficiado fue el Trébol blanco ya que sus reservas de semilla aumentaron un 284% lo que confirma la plasticidad de esta especie. En condiciones de estrés hídrico se perjudicaron los procesos reproductivos y en consecuencia la formación del banco de semillas, ya que *Lotus corniculatus* y Trébol blanco redujeron sus bancos en 47% y 43% respectivamente. Evidentemente el

tamaño del banco es fuertemente afectado por las condiciones ambientales durante la semillazón previa y Trébol blanco resulta ser la especie mas afectada por las condiciones hídricas. Este fenómeno no sería tan grave debido al solapamiento de generaciones y la estructura de edad entre los grupos de semilla de ese banco que permitiría mantener o restaurar la vegetación original (Rice, 1989; Van der Valk et al., 1989). Templeton et al. (1979), citados por Baker (1989), también mencionan a las condiciones ambientales bajo las que se forma el banco año tras año como determinantes de la variabilidad genética que posee.

Aún cuando el proceso reproductivo fue afectado por la sequía, la cantidad de semilla en el banco resulta considerable al compararla con las densidades de siembra utilizadas en el Uruguay. Carámbula (1981) recomienda para siembra de semilleros entre 7-10 kg/ha y entre 3-5 kg/ha para *Lotus corniculatus* y Trébol blanco respectivamente. Los bancos de semillas evaluados variaron entre 18 y 113 kg/ha para *Lotus corniculatus* y entre 10 y 116 kg/ha para Trébol blanco, quedando de manifiesto el enorme potencial que tiene el banco de semillas en la regeneración de la pastura. Para la Región Este Olmos (2000) reportó hasta 55 kg/ha de Trébol blanco, mientras que en Canadá Turkington et al. (1983), citados por Cavers et al. (1989) encontraron 641 kg/ha de semillas de Trébol blanco y entre 566 y 951 kg/ha de semillas de *Lotus corniculatus*, como reservas en el suelo.

Las leguminosas según Hutchings (1997), Simpson et al. (1989) y Thomas et al. (1989) forman bancos de semillas tipo persistente en los que solo un pequeño porcentaje germina cada año, lo que asegura que al menos algunas germinen durante condiciones favorables (Ayala, 2001). Este tipo de bancos persistentes se forman a partir de la cantidad de semillas duras que se producen cada año (Quinlivan, 1968; citado por Rice, 1989). Se obtuvieron 64% y 78% de semillas duras para *Lotus corniculatus* y Trébol blanco respectivamente, resultados que están dentro de lo esperable, ya que Bologna (1996) registró entre 38 y 54% para *Lotus corniculatus* luego de permanecer la semilla enterrada ocho meses y Olmos (2000) menciona entre 80% y 34% de semilla dura para Trébol blanco antes y después de la vernalización. Conviene destacar que los porcentajes de semilla dura obtenidos son mayores a los observados en lotes comerciales de semilla, ya que éstos sufren la escarificación de su cutícula en los procesos de trilla y acondicionamiento. Al respecto para *Lotus corniculatus* McDonald et al. (1957), citados por Carámbula (1981) mencionan que por efecto de la cosecha el porcentaje de semilla dura disminuyó de 93 a 56%.

El banco de semillas de *Lotus corniculatus* fue afectado por las estrategias de defoliación y por la intensidad de defoliación. El tratamiento sin descanso (S1) redujo el banco, mientras los restantes tratamientos lo aumentaban o mantenían. Bologna (1996) indica que la viabilidad media de la semilla en el banco es de aproximadamente un año, por lo que la semillazón previa es el principal determinante de su tamaño. Al observar la

Figura 6 queda de manifiesto la imposibilidad de lograr un buen banco de semillas de *Lotus corniculatus* sin cierre estival por la ubicación de las inflorescencias en el tope del perfil, al alcance del animal (Ayala, 2001). Por otra parte la defoliación intensa también perjudicó la formación del banco en esta especie sobre la que se recomiendan pastoreos leves y frecuentes, sin embargo es destacable la estabilidad que tiene esta especie ante las diferentes condiciones ambientales, al compararla con el Trébol blanco se muestra menos capaz de aprovechar los momentos buenos pero con mejor comportamiento en momentos adversos.

El banco de semillas de Trébol blanco también fue afectado por la estrategia e intensidad de defoliación. En general el banco de semillas aumentó y solo se destacó como superior el tratamiento con descanso otoñal (S4). Según Clifford (1979), el pastoreo aliviado favorece la formación de estolones primarios vigorosos importantes para lograr una buena floración. Por el contrario un pastoreo más intenso favorece la formación de gran cantidad de estolones secundarios y terciarios débiles que perjudican el logro del máximo potencial productivo. El pastoreo intenso durante condiciones favorables igual permite aumentar el banco de semillas, esto no ocurrió con *Lotus corniculatus* ya que esta especie no soporta pastoreos tan intensos como Trébol blanco. En condiciones desfavorables el banco se redujo considerablemente lo que confirma lo dicho por Olmos (2000) respecto a que la semilla presente en el banco pierde viabilidad rápidamente después de un año, ya que ésta era en su mayoría fruto de la semillazón previa.

El uso de *Lotus corniculatus* y Trébol blanco en mezcla para mejoramientos de campo implica que el manejo de su pastoreo debe orientarse a permitir la persistencia de ambas, sin perjuicio de una en particular. La formación de un banco de semillas sólido y capaz de regenerar este tipo de mejoramientos parte de la necesidad de permitir una buena semillazón para ambas especies. Los resultados indican que los tratamientos sin cierre estival perjudicaban la formación del banco, aumentando este perjuicio cuando las condiciones climáticas son adversas. Suckling et al. (1978) sostienen que para *Lotus corniculatus* y Trébol blanco se necesitan solamente 18 días entre la floración y la maduración de semillas, considerando un cierre estival de 60 días a partir de principios de Diciembre es factible lograr una buena semillazón en ambas especies que potencialice la formación de un buen banco de semillas. De no realizarse esta práctica todos los años sería recomendable al menos cerrar distintas áreas todos los años. Por otra parte el pastoreo más intenso perjudica la formación del banco, principalmente en *Lotus corniculatus* por lo que sería recomendable pastorear la mezcla en forma frecuente y aliviada.

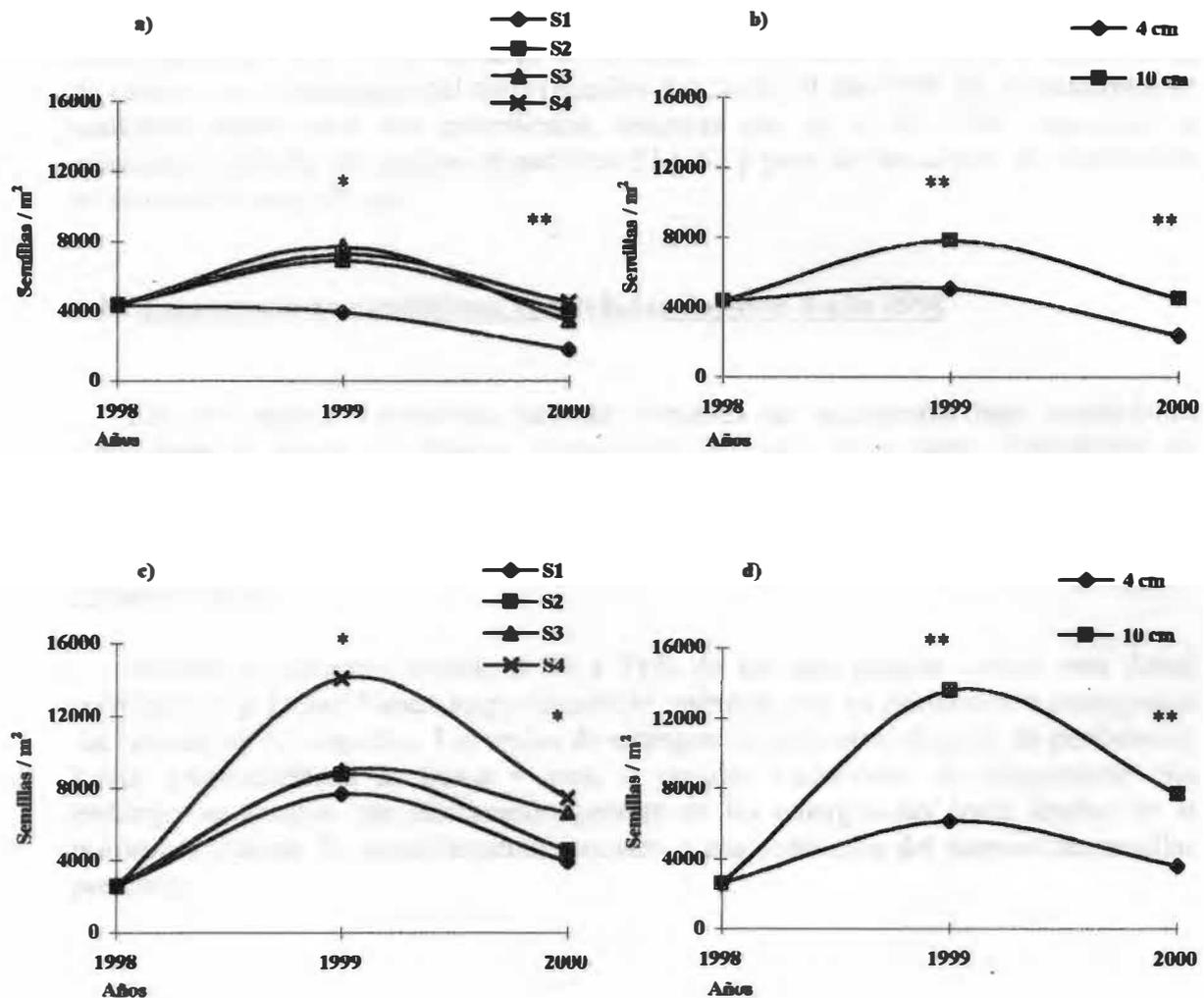


Figura 6. Evolución durante tres años del banco de semillas de a) *Lotus corniculatus* bajo diferentes estrategias de defoliación, b) *Lotus corniculatus* bajo diferentes intensidades de defoliación, c) Trébol blanco bajo diferentes estrategias de defoliación, y d) Trébol blanco bajo diferentes intensidades de defoliación (**, $P < 0.01$; *, $P < 0.05$).

4.4 EMERGENCIA DE PLÁNTULAS.

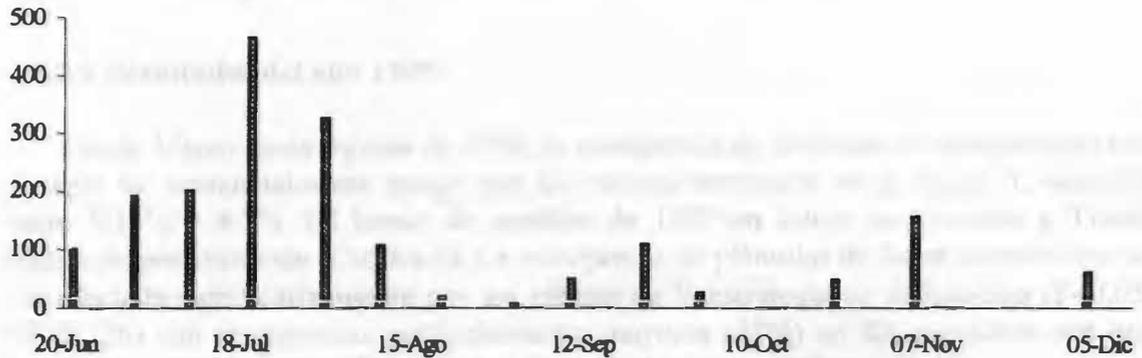
La emergencia de plántulas se estudió bajo condiciones controladas en el campo en 1998 (Sección 4.4.1). Posteriormente en los años 1999 y 2000 se evaluó en condiciones de campo con competencia del tapiz (Sección 4.4.2). En el año 1999 las evaluaciones se realizaron sobre todos los tratamientos, mientras que en el año 2000 solamente se efectuaron sobre las estrategias de pastoreo S1 y S2 y para las dos alturas de defoliación en estudio (4 cm y 10 cm).

4.4.1 Emergencia en condiciones controladas durante el año 1998

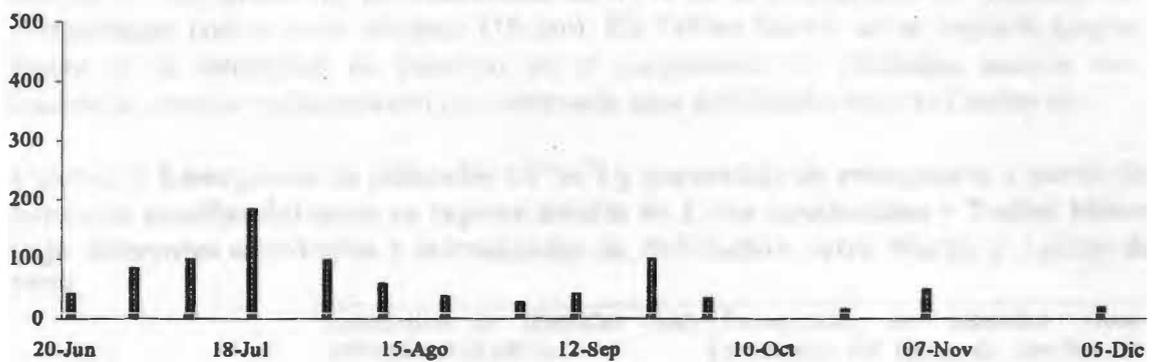
Las dos especies siguieron patrones similares de emergencia bajo condiciones controladas de campo sin ninguna competencia del tapiz. Entre Junio y Diciembre de 1998 se alcanzaron 1860 y 880 plántulas/m² para *Lotus corniculatus* y Trébol blanco respectivamente (Figura 7a y 7b). Estos valores correspondieron al 44 y 35% del total del banco de semillas cuantificado a comienzos de 1998 para cada especie respectivamente.

Durante el invierno ocurrió el 76 y 71% de las emergencias totales para *Lotus corniculatus* y Trébol blanco respectivamente, mientras que en primavera la emergencia fue baja en las dos especies. Las ondas de emergencia ocurrieron después de períodos de lluvia, combinaciones de lluvia y seca, o grandes variaciones de temperatura. Sin embargo se observó una declinación general de las emergencias hacia finales de la primavera (Figura 7), probablemente asociado a una reducción del número de semillas presentes.

(a) Emergencias de plántulas de *Lotus corniculatus* /m²/semana



(b) Emergencias de plántulas de Trébol blanco /m²/semana



(c) Parámetros climáticos

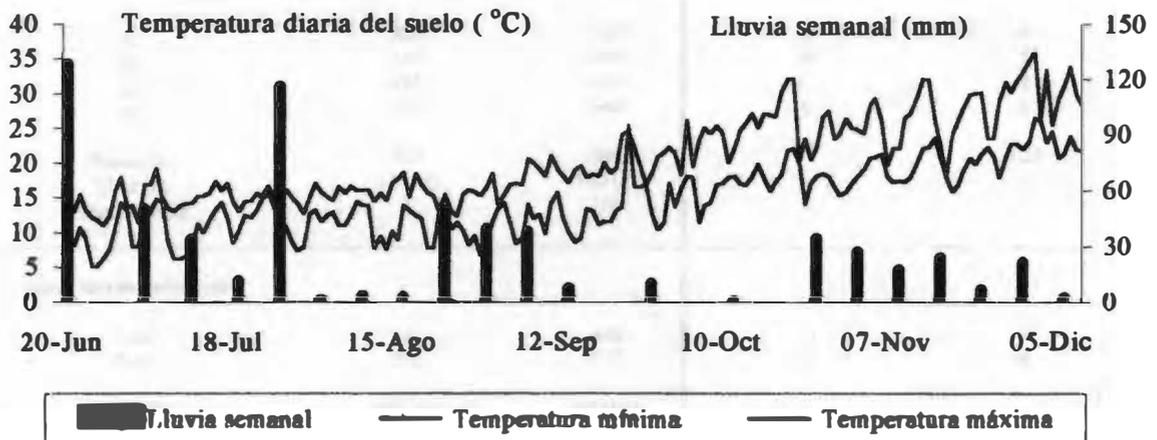


Figura 7. Patrones de emergencias de plántulas de (a) *Lotus corniculatus*, (b) Trébol blanco y (c) parámetros climáticos evaluados en condiciones controladas de campo entre Junio y Diciembre de 1998.

4.4.2 Resultados de emergencias a campo

4.4.2.1 Resultados del año 1999

Desde Marzo hasta Agosto de 1999, la emergencia de plántulas en competencia con el tapiz fue sustancialmente menor que los valores mostrados en la Figura 7, variando entre 5-13% y 4-7% del banco de semillas de 1999 en *Lotus corniculatus* y Trébol blanco respectivamente (Cuadro 6). La emergencia de plántulas de *Lotus corniculatus* se vio afectada significativamente por los efectos de la estrategia de defoliación ($P < 0.05$, SEM 126) con emergencias particularmente mayores (63%) en S3, asociadas con una importante entrada de semillas al banco durante el verano previo.

En *Lotus corniculatus* una reducción de la competencia del tapiz por defoliación intensa (4 cm) promovió un incremento de 71% en la emergencia de plántulas en comparación con el corte aliviado (10 cm). En Trébol blanco no se registró ningún efecto de la intensidad de pastoreo en el surgimiento de plántulas, aunque una tendencia a mayor reclutamiento fue observada bajo defoliación severa (Cuadro 6).

Cuadro 6. Emergencia de plántulas (N°/m^2) y porcentaje de emergencia a partir del banco de semillas del suelo en tapices mezcla de *Lotus corniculatus* y Trébol blanco bajo diferentes estrategias e intensidades de defoliación entre Marzo y Agosto de 1999.

Estrategia de defoliación	Emergencia de plántulas desde 3/99 hasta 8/99 (N°/m^2)		Emergencia de plántulas como porcentaje del banco de semillas de 3/99	
	<i>Lotus corniculatus</i>	Trébol blanco	<i>Lotus corniculatus</i>	Trébol blanco
S1	320	325	8	4
S2	415	420	6	5
S3	825	650	11	7
S4	460	640	6	5
Promedio	505	509	7.7	5.25
SEM (n)	126 (8)	120 (8)	-	-
Significancia	*	NS	-	-
Intensidad de defoliación				
4cm	640	450	13	7
10cm	375	570	5	4
SEM (n)	89 (16)	85 (16)	-	-
Significancia	*	NS	-	-

** $P < 0.01$; * $P < 0.05$; NS, no significativo; SEM, error estándar de la media; (n), número de observaciones

4.4.2.2 Resultados del año 2000

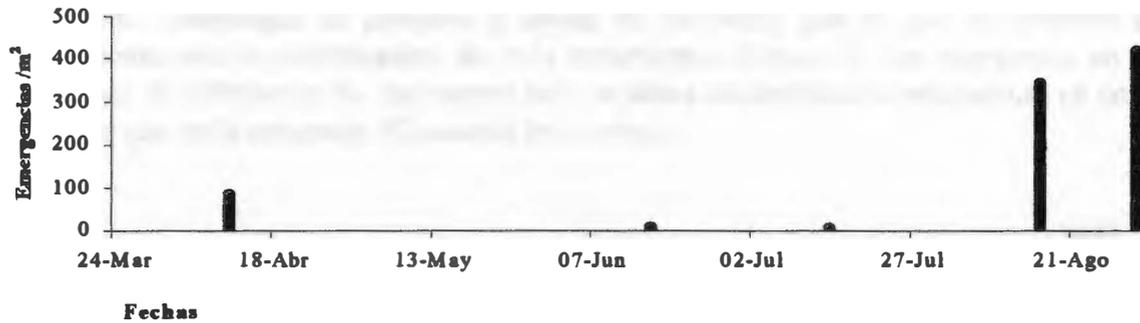
El seguimiento de la emergencia para Trébol blanco y *Lotus corniculatus* se realizó entre el 24 de Marzo del 2000 y el 31 de Agosto del 2000, obteniéndose un total de doce registros. Durante este período se observaron solamente cinco ondas de germinación para ambas especies: 11 de Abril, 16 de Junio, 14 de Julio, 16 de Agosto y 31 de Agosto (Figura 8). La emergencia de *Lotus corniculatus* fue un 25% del banco de semillas evaluado en Marzo del 2000 para el tratamiento S1, mientras que para el tratamiento S2 fue un 33% de las reservas del banco. Para Trébol blanco la emergencia total fue un 6% para S1 y un 11% para S2 del banco evaluado previamente.

Cuadro 7. Emergencia de plántulas (N°/m²) y porcentaje de emergencia a partir del banco de semillas del suelo en tapices mezcla de *Lotus corniculatus* y Trébol blanco bajo diferentes estrategias e intensidades de defoliación entre Marzo y Agosto del 2000.

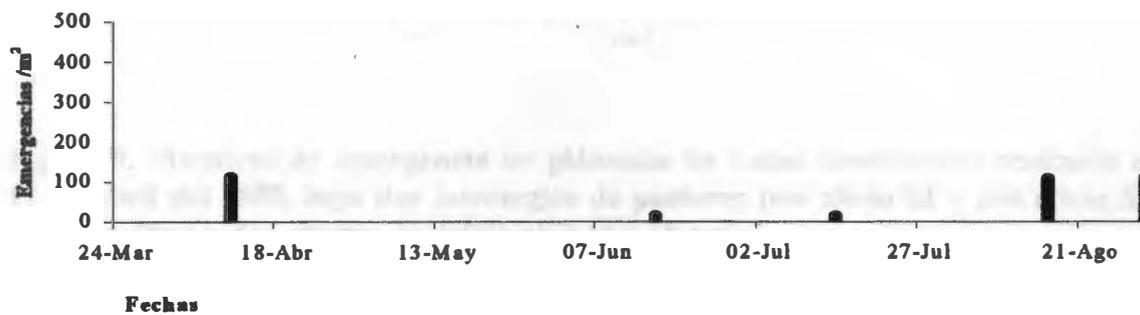
Estrategia de defoliación	Emergencia de plántulas desde 3/00 hasta 8/00 (N°/m ²)		Emergencia de plántulas como porcentaje del banco de semillas de 3/00	
	<i>Lotus corniculatus</i>	Trébol blanco	<i>Lotus corniculatus</i>	Trébol blanco
S1	450	237	25	6
S2	1275	483	33	11
Promedio	862	360	-	-
SEM (n)	152.2 (24)	66.8 (24)	-	-
Significancia	**	*	-	-
Intensidad de defoliación				
4 cm	729	292	30	8
10 cm	996	427	22	5
SEM (n)	152.2 (24)	66.8 (24)	-	-
Significancia	NS	NS	-	-

**₂, P<0.01; *₂, P<0.05; NS, no significativo; SEM, error estándar de la media; (n), número de observaciones

a) Emergencias de plántulas de *Lotus corniculatus* /m²



b) Emergencias de plántulas de Trébol blanco /m²



c) Parámetros climáticos

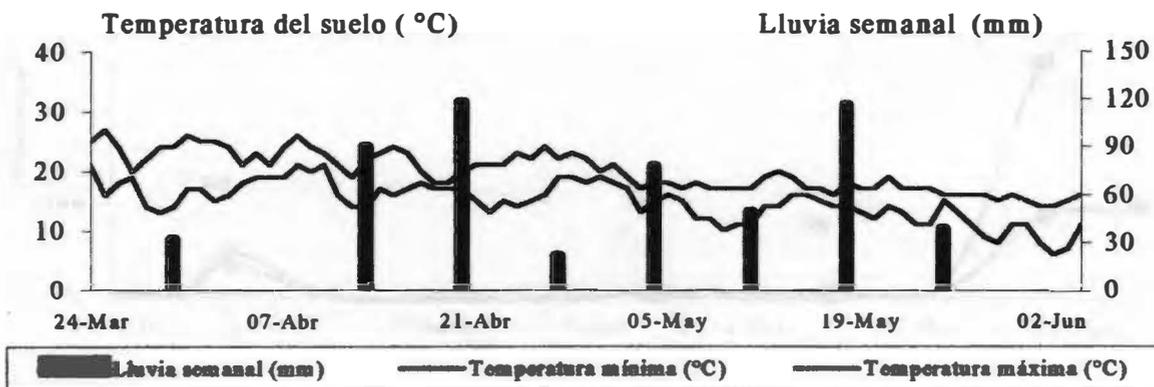


Figura 8. Patrones de emergencia de plántulas evaluados en condiciones de campo de a) *Lotus corniculatus*, b) Trébol blanco y c) Parámetros climáticos entre Marzo y Agosto del 2000.

Durante la primer onda de emergencia de *Lotus corniculatus* (11 de Abril) se detectó una interacción significativa ($P < 0.01$, SEM 23) entre las dos variables estudiadas, (estrategia de pastoreo y altura de pastoreo), por lo que se presenta la información para la combinación de cada tratamiento (Figura 9). La emergencia en la estrategia de defoliación S1 fue mayor bajo la altura de defoliación más intensa (4 cm), mientras que en la estrategia S2 ocurrió lo contrario.



Figura 9. Muestreo de emergencia de plántulas de *Lotus corniculatus* realizado el 11 de abril del 2000, bajo dos estrategias de pastoreo (sin alivio S1 y con alivio S2 para semillar) y dos alturas de defoliación (4 y 10 cm).

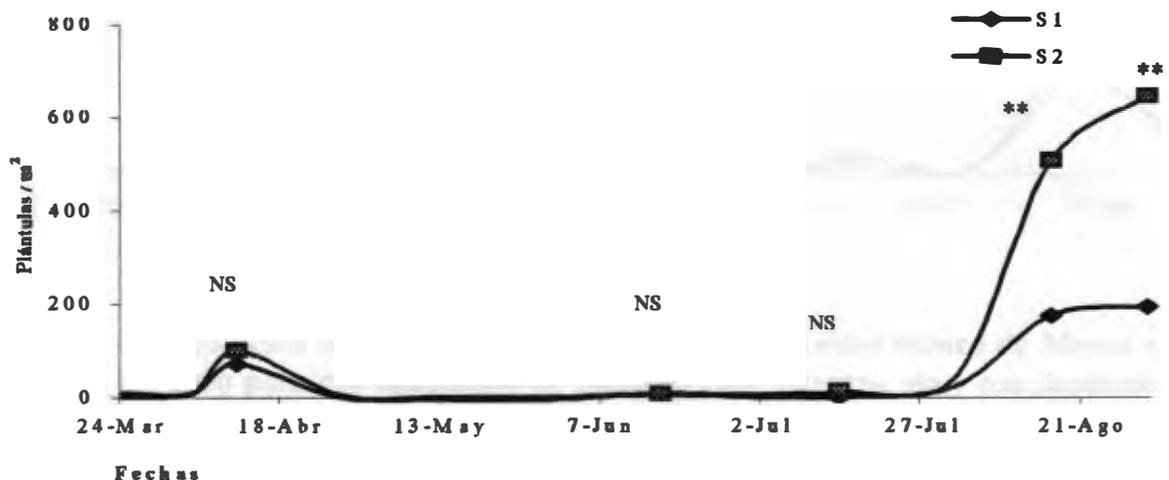


Figura 10. Evolución de las emergencias de *Lotus corniculatus* de Marzo a Agosto del 2000 en dos estrategias de pastoreo contrastantes (S1 y S2) (**, $P < 0.01$; NS, no significativo).

No se detectaron diferencias significativas entre las dos alturas de defoliación evaluadas en ningún caso. En las fechas 16 de Junio y 14 de Julio no hubo diferencias significativas entre estrategias de defoliación (Figura 10). Sin embargo, el 16 de Agosto y el 31 de Agosto se registraron diferencias ($P < 0.01$ en ambos casos) a favor del sistema de pastoreo S2 donde las emergencias fueron más del triple que las del sistema S1 (Figura 10). El total de emergencias durante el período representó el 25% del potencial del banco de semillas de Marzo del 2000 para el sistema S1 y el 33% para el sistema S2, con un promedio de 862 plántulas/m² para ambos sistemas.

El total de emergencias de Trébol blanco durante el período representó el 6 y el 11% del banco de semillas registrado en Marzo del 2000 para el sistema S1 y S2 respectivamente, con un promedio general de 360 plántulas/m². La emergencia de Trébol blanco en la primer onda (11 de Abril) muestra una diferencia significativa ($P < 0.01$) a favor del sistema de pastoreo S2 (Figura 11). En este momento se registró una emergencia de 183 y 42 plántulas/m² para S2 y S1 respectivamente.

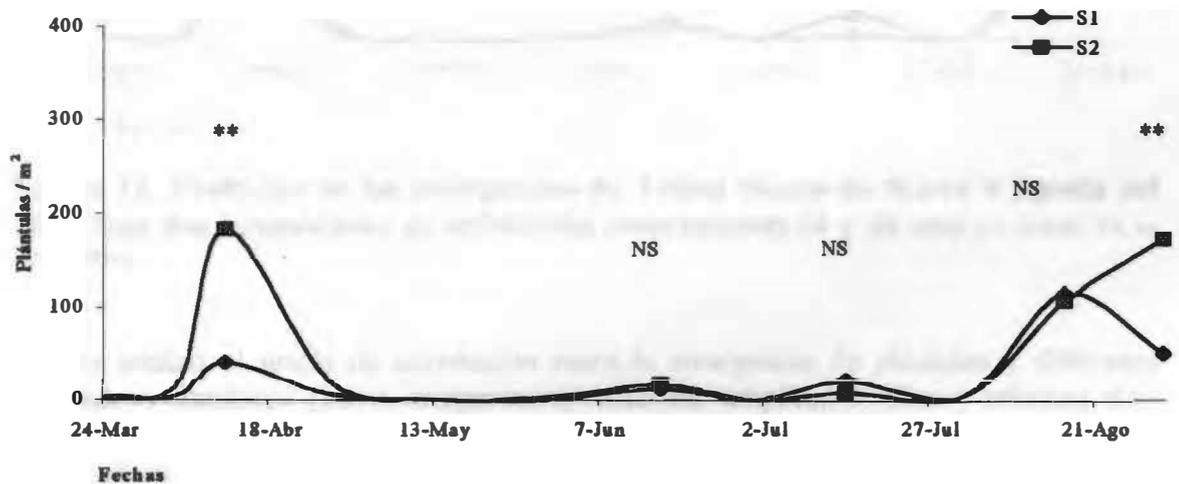


Figura 11. Evolución de la emergencia de plántulas de Trébol blanco de Marzo a Agosto del 2000 para dos estrategias de pastoreo contrastantes, sin y con descanso para semillar (S1 y S2) (, $P < 0.01$; NS, no significativo).**

En las fechas del 16 de Junio, 14 de Julio y 16 de Agosto no se encontraron diferencias significativas como consecuencia de las estrategias de pastoreo o la altura de defoliación en el número de plántulas emergidas.

En cambio en la fecha 31 de Agosto se registraron diferencias como consecuencia de las estrategias de pastoreo ($P<0.01$) y de la altura de defoliación ($P<0.01$) (Figuras 11 y 12). Las mayores emergencias ocurrieron en el sistema S2 ($P<0.01$) (Figura 11) y en las parcelas pastoreadas a 10 cm ($P<0.01$) (Figura 12).

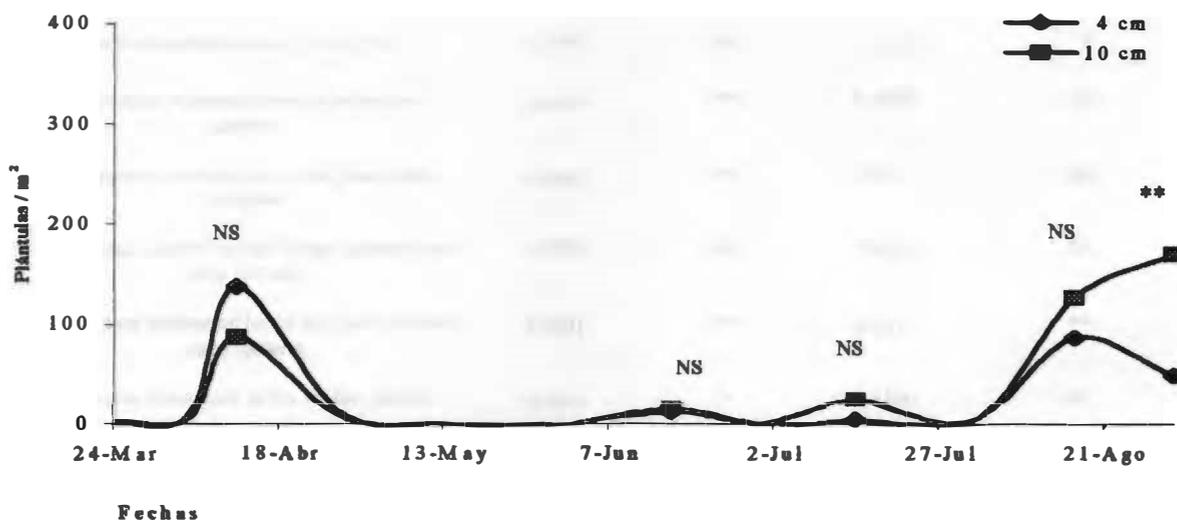


Figura 12. Evolución de las emergencias de Trébol blanco de Marzo a Agosto del 2000 bajo dos intensidades de defoliación contrastantes (4 y 10 cm) (**, $P<0.01$; NS, no significativo).

Se analizó el grado de correlación entre la emergencia de plántulas y diferentes parámetros climáticos (lluvia, temperatura, radiación, amplitud térmica y heladas). Los resultados obtenidos indican que las ondas de emergencia de *Lotus corniculatus* se relacionaron con un mayor número de variables climáticas que las ondas de emergencia de Trébol blanco (Cuadro 8). Las variables climáticas incluidas en el modelo explican el 63% y el 29% de las emergencias de *Lotus corniculatus* y Trébol blanco respectivamente.

Cuadro 8. Significancia de diferentes variables climáticas asociadas a las ondas de emergencia de plántulas de *Lotus corniculatus* y Trébol blanco durante el período Marzo-Agosto del 2000.

Variables climáticas	<i>Lotus corniculatus</i>		Trébol blanco	
	Prob ≥ T	Significancia	Prob ≥ T	Significancia
Lluvia acumulada en los 10 días previos	0.1499	NS	0.0317	*
Temperatura mínima de ese día sobre suelo cubierto	0.0072	**	0.5988	NS
Temperatura máxima de ese día sobre suelo cubierto	0.0001	**	0.5411	NS
Temperatura mínima en los 10 días previos sobre suelo cubierto	0.2329	NS	0.6226	NS
Temperatura máxima en los 10 días previos sobre suelo cubierto	0.0001	**	0.0001	**
Radiación acumulada en los 10 días previos	0.0161	*	0.3456	NS
Amplitud térmica máxima sobre suelo en los 10 días previos	0.4749	NS	0.2515	NS
Amplitud térmica máxima del aire en los 10 días previos	0.0001	**	0.2281	NS
Temperatura promedio en los 10 días previos	0.0840	NS	0.2439	NS
Número de heladas en los 10 días previos	0.0001	**	0.0103	*
r^2 del modelo con todas las variables =	0.63		0.29	

** $P < 0.01$; * $P < 0.05$; NS, no significativo; número de observaciones = 288.

Durante el período estudiado la emergencia de *Lotus corniculatus* representó el 26% del banco presente en Marzo del 2000, mientras que para Trébol blanco representó solamente el 8%. Esto indicaría que las semillas de *Lotus corniculatus* son más factibles de perder la dureza debido a factores climáticos que las semillas de Trébol blanco. Se destacan como factores comunes para ambas especies en la pérdida de dureza de semillas, la temperatura máxima registrada sobre suelo cubierto y el número de heladas ocurridas en los 10 días previos al pico de emergencia para ambas variables.

4.4.3 Discusión

El reclutamiento de plántulas en el período otoño – invierno dependió del número de semillas presentes en el banco al final del verano. Si el verano es seco es esperable que muchas semillas germinen al comienzo de la estación de crecimiento, ya que los ambientes cálidos y secos aumentan la tasa de ablandamiento de semillas duras (Evans et al., 1995) como consecuencia del resquebrajamiento de su cutícula por las temperaturas extremas (Olmos, 2000). Por otra parte, la alternancia de temperaturas que se genera sobre suelos con escasa cobertura vegetal también provoca el ablandamiento de semillas duras favoreciendo el reclutamiento (Blaser et al., 1950; Van der Valk et al., 1989), mostrando los tapices abiertos un mayor número de plántulas emergidas que los tapices cerrados. Los resultados obtenidos para *Lotus corniculatus* son coincidentes al respecto, al registrarse en los tratamientos con defoliación intensa (4 cm) un incremento del 71% en la emergencia respecto al pastoreo aliviado.

En Trébol blanco ocurrió lo contrario al considerar valores absolutos, registrándose la mayor emergencia en las parcelas con defoliación mas aliviada (10 cm). Sin embargo, la emergencia expresada como porcentaje del banco de semillas (Cuadro 7) resultó mayor en los tratamientos defoliados intensamente. En términos absolutos es lógico el resultado obtenido, al registrarse un mayor número de plántulas por unidad de superficie donde había un mayor número de semillas por unidad de superficie (Cuadro 5).

La emergencia de plántulas de *Lotus corniculatus* fue afectada por las estrategias de defoliación resultando en todos los casos en el sistema S1 inferior a los demás. La emergencia registrada fue entre 9 y 44% del banco. Miller et al. (1993) citados por Bologna (1996) mencionan emergencias entre 10 y 50%. Bologna (1996) y Kemp (2001) observaron durante otoño, invierno y primavera un promedio de reclutamiento de 10% del banco presente para *Lotus corniculatus*.

Se registraron entre 505 y 1860 plántulas/m² en Marzo - Agosto de 1999 y en Junio – Diciembre de 1998 respectivamente. Se consideran valores comparables con los resultados de Olmos (1996), quien registró entre 600-1300 plántulas/m² solamente en otoño en Uruguay. Por su parte, Fraser et al. (1994) mencionan 128 plántulas/m² y Bologna (1996) 884 plántulas/m² de *Lotus corniculatus* en condiciones de Nueva Zelanda durante la misma estación.

La emergencia de plántulas de Trébol blanco también fue afectada por la estrategia de defoliación, resultando en los casos que hubo diferencia el sistema S1 inferior a los demás (Cuadro 7). El principal factor responsable de estos resultados fué la menor semillazón registrada bajo defoliación estival y en consecuencia la menor recarga del banco de semillas en este tratamiento (Stoddart, 1961; Carámbula, 1981; Bologna, 1996;

Hodgson et al., 1989). Otro de los factores responsables puede ser el mencionado por Bologna (1996), quien encontró para las condiciones de Nueva Zelanda que en pastoreos frecuentes con ovejas la semilla estaba más profunda en el perfil, haciendo más dificultoso el reclutamiento.

La emergencia de Trébol blanco registrada fue entre 5 y 35% del banco de semillas, lo que se tradujo entre 360 y 880 plántulas/m². Arana et al. (1999) y Olmos (2000) mencionan emergencias de 345 y 152 plántulas/m² durante otoño e invierno respectivamente.

Durante la primer evaluación la mayor parte de la emergencia ocurría en invierno, disminuyendo sensiblemente hacia la primavera, iguales resultados obtuvieron Bologna (1996) para *Lotus corniculatus* y Arana et al. (1999) para Trébol blanco. En cambio Roberts et al. (1985) citados por Ayala (2001), identificaron un pico de emergencia de primavera como el más importante para *Lotus corniculatus* y Trébol blanco debido a la ruptura de la dormancia en invierno. Al respecto Robinson (1960), menciona que las temperaturas constantes frías seguidas de fluctuaciones favorecen la aparición de picos de emergencia en condiciones de campo. Archer et al. (1989) reportaron que solamente en uno de cada cinco años el reclutamiento era un mecanismo válido para la regeneración de pasturas. Olmos (2000) indica que bajo condiciones de campo las emergencias se incrementan en los meses fríos y con adecuada humedad.

Los resultados obtenidos indican que las ondas de emergencia de *Lotus corniculatus* se relacionaron con un mayor número de variables climáticas que las ondas de emergencia de Trébol blanco. Para *Lotus corniculatus* las variables más importantes en la pérdida de la dureza son las relacionadas con las temperaturas extremas y las fluctuaciones entre estas. Las características del verano previo produjeron una disminución en el porcentaje de semillas duras, lo que sumado a las fluctuaciones de temperatura durante el otoño y el invierno próximo determinaron un importante porcentaje de reclutamiento (26%) de las semillas del banco. En cambio, en Trébol blanco las variables más relacionadas resultaron ser la temperatura y el nivel de precipitaciones en los 10 días previos. Debemos considerar las características secas del verano y que el porcentaje de semillas duras de Trébol blanco no disminuyó, alcanzándose solamente un reclutamiento igual al 8% del banco de Marzo del 2000. Esto sugiere que entre ambas especies habría diferencias en la forma de ruptura de la dormancia, incluyendo para *Lotus corniculatus* las altas fluctuaciones de temperatura y para Trébol blanco altas temperaturas y la lluvia acumulada. Los resultados son coincidentes con los de Kemp (2001) quien propuso un modelo predictivo de la germinación de *Lotus corniculatus* en el que la temperatura y la humedad del suelo son las variables más asociadas.

4.5 SOBREVIVENCIA DE PLÁNTULAS.

Durante las cinco ondas de emergencia registradas se hizo el seguimiento de plántulas para evaluar el porcentaje de sobrevivencia de éstas hasta que se consideraban establecidas (cuatro hojas verdaderas). El análisis estadístico no mostró diferencias en los porcentajes de sobrevivencia entre estrategias de pastoreo, alturas de pastoreo ni entre especies. En cambio hubo diferencias entre fechas ($P<0.01$) para los porcentajes de sobrevivencia registrados y también interacción entre las fechas y las especies ($P<0.05$) (Cuadro 9).

Cuadro 9. Sobrevivencia de plántulas de *Lotus corniculatus* y Trébol blanco en cinco ondas diferentes desde Marzo hasta Agosto del 2000.

Fechas	Especie	Sobrevivencia (log. 1+x)	Sobrevivencia (%)
	<i>Lotus corniculatus</i>		
11 de Abril		4.131	65
16 de Junio		3.489	51
14 de Julio		3.643	59
16 de Agosto		4.517	91
31 de Agosto		4.390	80
	Trébol blanco		
11 de Abril		3.336	56
16 de Junio		4.131	77
14 de Julio		4.167	83
16 de Agosto		4.489	88
31 de Agosto		4.416	82
SEM (n)		0.112 (80)	
Significancia		**	

** $P<0.01$; * $P<0.05$; NS, no significativo; SEM, error estándar de la media; (n), número de observaciones

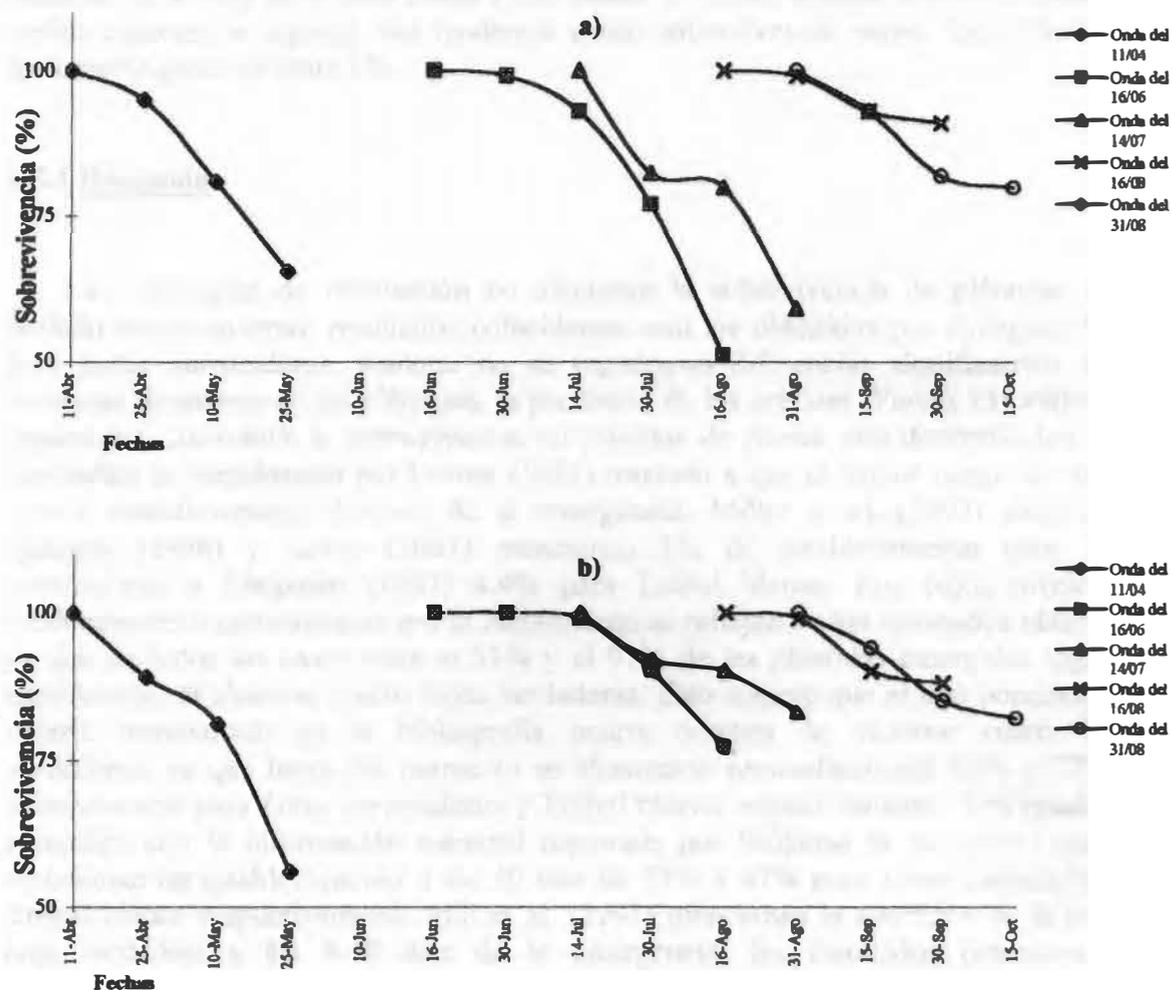


Figura 13. Patrones de sobrevivencia de plántulas de a) *Lotus corniculatus* y b) Trébol blanco entre Marzo y Octubre del año 2000.

En *Lotus corniculatus* la sobrevivencia de plántulas fue menor ($P < 0.05$) en la emergencia del 16 de Junio (51%), mientras la mayor sobrevivencia ($P < 0.05$) se registró en las plántulas emergidas el 16 de Agosto (91%) y el 31 de Agosto (80%).

En Trébol blanco la menor sobrevivencia ($P < 0.05$) ocurrió el 11 de Abril (56%), respecto a las restantes fechas y la mayor sobrevivencia ($P < 0.05$) fue para las plántulas emergidas entre el 16 de Junio (77%) y el 31 de Agosto (82%).

En todos los casos la sobrevivencia estuvo por encima del 50%, alcanzando un máximo de 91% y 88% para *Lotus corniculatus* y Trébol blanco respectivamente. En ambas especies se registró una tendencia a una sobrevivencia mayor hacia finales de invierno (Agosto) (Figura 13).

4.5.1 Discusión

Las estrategias de defoliación no afectaron la sobrevivencia de plántulas en el período otoño-invierno, resultados coincidentes con los obtenidos por Bologna (1996) para *Lotus corniculatus*. Aunque no se registraron diferencias significativas en el momento de muerte de las plántulas, la pendiente de las gráficas (Figura 13) indica una tendencia a disminuir la sobrevivencia en estadios de planta más desarrollados. Esto contradice lo mencionado por Fenner (1987) respecto a que el mayor riesgo de muerte ocurre inmediatamente después de la emergencia. Miller et al. (1993) citados por Bologna (1996) y Kemp (2001) mencionan 5% de establecimiento para *Lotus corniculatus* y Chapman (1987) 4.4% para Trébol blanco. Los bajos niveles de establecimiento mencionados por la literatura no se reflejan en los resultados obtenidos, ya que en todos los casos entre el 51% y el 91% de las plántulas emergidas lograron establecerse, al alcanzar cuatro hojas verdaderas. Esto sugiere que el alto porcentaje de muerte mencionado en la bibliografía ocurre después de alcanzar cuatro hojas verdaderas, ya que hasta ese momento se alcanzaron promedialmente 69% y 77% de sobrevivencia para *Lotus corniculatus* y Trébol blanco respectivamente. Los resultados coinciden con la información nacional reportada por Saldanha et al. (2001) quienes mencionan un establecimiento a los 40 días de 78% y 47% para *Lotus corniculatus* y Trébol blanco respectivamente. Hill et al. (1991) mencionan la aparición de la primer hoja verdadera a los 8-10 días de la emergencia, los resultados obtenidos son coincidentes ya que el establecimiento de plántulas se alcanzó entre 45 y 60 días.

Fraser et al. (1994) y Olmos (1996) mencionan para *Lotus corniculatus* la importancia de los reclutamientos y establecimientos de otoño en la población final. Sin embargo los resultados obtenidos indican una tendencia a registrar menor sobrevivencia en los reclutamientos otoñales frente a los invernales (Figura 13). Las variables climáticas estudiadas no resultaron significativas en determinar el porcentaje de sobrevivencia final. En cambio, el nivel de radiación acumulado, la amplitud térmica del aire y el número de heladas muestran una tendencia a relacionarse con la sobrevivencia de plántulas. Esto indica que debe continuarse la investigación en este sentido a fin de determinar que variables climáticas son las responsables de la muerte de plántulas y en que etapa del desarrollo las afectan.

5 CONCLUSIONES.

A continuación se presentan las principales conclusiones de este trabajo para las distintas áreas estudiadas.

Semillazón

- El rendimiento de semilla resultó altamente dependiente de las condiciones climáticas, siendo la ocurrencia de veranos secos y cálidos determinante de bajos rendimientos, principalmente en Trébol blanco.
- Para Trébol blanco, las estrategias de defoliación no afectaron la producción de semillas, mientras que la misma se redujo de 66 a 20 kg/ha cuando la intensidad de defoliación variaba de 10 a 4 cm con condiciones climáticas favorables.
- En *Lotus corniculatus*, la estrategia de defoliación afectó la producción de semillas, viéndose incrementada de 6 a 97 kg/ha cuando se permite un alivio para semillar durante el verano (S2) y a 150 kg/ha si se adiciona a este último un descanso invernal (S3).
- Un cierre de 60-70 días a partir de principios de Diciembre es suficiente para lograr una buena semillazón en ambas especies que potencialize la formación de un adecuado banco de semillas.

Banco de semillas

- La formación del banco de semillas está altamente ligada a las condiciones que ocurren en el período de semillazón previo de las especies en estudio. En *Lotus corniculatus* los tratamientos sin descanso para semillazón (S1) y defoliación intensa (4 cm) presentaron un menor banco de semillas, mientras los restantes tratamientos lo mantenían o aumentaban.
- El número de semillas viables presentes en el suelo para los distintos tratamientos varió entre 1800-7725 semillas/m² de *Lotus corniculatus* y entre 2570-14070 semillas/m² en Trébol blanco, lo que posibilitaría alto potencial para el reclutamiento de nuevas plantas.
- En general tanto en *Lotus corniculatus* como en Trébol blanco, el peso de mil semillas no fue afectado mayormente por las estrategias de manejo, intensidades de defoliación ó condiciones climáticas.

- La dureza de la semilla presente en el banco del suelo resultó alta, con valores de 64-73% y 78-90% para *Lotus corniculatus* y Trébol blanco respectivamente, lo cuál afectó el posterior reclutamiento.

Emergencia

- El reclutamiento de plántulas en el período otoño-invierno estuvo asociado al número de semillas presentes en el banco al final del verano previo.
- La cantidad de forraje presente en el tapiz condiciona los porcentajes de emergencia, siendo de 4-13% bajo condiciones de competencia del tapiz y de 35-45% sin competencia en el tapiz.
- El pastoreo intenso a 4 cm promueve una mayor emergencia que el pastoreo aliviado a 10 cm.

Sobrevivencia

- La sobrevivencia de plántulas de *Lotus corniculatus* y Trébol blanco en el período otoño-invierno no fue afectada ni por las estrategias ni por las intensidades de defoliación.
- En ambas especies se alcanzaron altos niveles de establecimiento (>50%) hasta el estadio de cuatro hojas verdaderas (45-60 días).

6 IMPLICANCIAS PARA FUTURAS INVESTIGACIONES.

En base a los resultados obtenidos se plantearon una serie de interrogantes como futuros pasos de investigación en el tema.

- Existen controversias a nivel de la bibliografía consultada en términos de la calidad y viabilidad de la semilla producida bajo diferentes condiciones ambientales. Algunos trabajos muestran que bajo condiciones favorables la planta produce un alto porcentaje de semillas duras, y otros resultados indican que los altos porcentajes de semilla dura ocurren bajo condiciones de estrés. Por lo tanto resulta de interés explorar las condiciones ambientales y nutricionales que determinan la calidad de semilla, así como la evolución de los parámetros de calidad de semilla a través del tiempo.
- Los resultados mostraron que cuando se aplican adecuadas medidas de manejo es posible alcanzar altos niveles de semillazón y en consecuencia desarrollar bancos de semilla apropiados con semilla de buena calidad. Sin embargo, la fase de activación del banco y posterior reclutamiento es un proceso de muy baja eficiencia, lo que cuestiona el efectivo valor del banco de semillas. El estudio de medidas de manejo que permitan una activación-establecimiento más eficiente del banco de semillas aparece como de alto valor.
- Finalmente, si bien los porcentajes de sobrevivencia resultaron altos en este caso, con evaluaciones que consideraron que el establecimiento se lograba al estado de cuatro hojas verdaderas (45-60 días post-emergencia), otros resultados muestran lo contrario. De este modo, es posible asumir que luego de esos 60 días ocurrirían los mayores porcentajes de pérdida de plantas, lo cual debería ser evaluado así como sus posibles causas (competencia, efectos alelopáticos, factores edáficos y climáticos entre otros).

7 RESUMEN.

Entre Marzo de 1998 y Setiembre del 2000 se instaló sobre suelos de lomadas de la Unidad Alférez en la Unidad Experimental Palo a Pique, INIA Treinta y Tres, un ensayo con el objetivo de evaluar algunos factores de la dinámica poblacional que influyen sobre la persistencia de los mejoramientos de campo. Se evaluó la producción de semillas, el banco de semillas y el reclutamiento de plántulas, sobre un mejoramiento de campo de *Lotus corniculatus* y *Trifolium repens* instalado en el año 1996.

Los tratamientos fueron dispuestos en un diseño en bloques completamente al azar con cuatro repeticiones y consistieron en la combinación de cuatro estrategias de manejo (pastoreo frecuente (S1), pastoreo frecuente con descanso durante el verano para permitir semillar (S2), pastoreo frecuente durante otoño y primavera con descanso de invierno y de verano (S3) y pastoreo frecuente durante invierno y primavera con cierre de otoño para diferimiento y cierre de verano para semillar (S4)) y dos intensidades de defoliación (pastoreo con lanares hasta alcanzar una altura de forraje residual de 4 ó 10 cm).

Se concluyó que el tratamiento de pastoreo frecuente, sin cierre para semillazón (S1) en *Lotus corniculatus* y la defoliación intensa (4 cm) en *Trifolium repens* perjudicaban la producción de semillas y la formación del banco de semillas. En cambio, el reclutamiento de plántulas se vió favorecido por la defoliación intensa (4 cm), siendo la sobrevivencia en general alta (>50%), no siendo afectada por las estrategias e intensidades de defoliación pero dependiente de la época de emergencia.

El pastoreo frecuente y aliviado de la pastura, el descanso de otoño y el cierre para semillazón durante 60-70 días, permitirían la formación de un banco de semillas considerable y el rejuvenecimiento de la pastura, a través del reclutamiento de plántulas que aseguren su persistencia en el largo plazo de *Lotus corniculatus* y *Trifolium repens*.

8 SUMMARY.

An experiment was established in the Experimental Unit of Palo a Pique, INIA Treinta y Tres with the objective to evaluate some factors of population dynamics that influence long term persistence of improved pastures. Seed production, seed bank reserves, and seedling recruitment of *Lotus corniculatus* and *Trifolium repens* species were evaluated between March 1998 and September 2000, in an improved pasture established on 1996.

A complete randomized block design with 4 replicate blocks was used, in which 4 grazing strategies (grazing all year (S1), summer spelling for seed production (S2), winter rest plus summer spelling (S3) and autumn rest plus summer spelling (S4)), were combined with two defoliation intensities (4 and 10 cm height postgrazing residuals using sheep).

It was concluded that frequent (S1) and intensive grazing (4 cm) without summer rest reduced seed production and soil seed bank reserves. However, seedling recruitment is favoured by intensive defoliation (4 cm). Plant survival was higher than 50% and independent of defoliation strategy and intensity, but depending on the emergency date.

The frequent and lax grazing plus autumn rest, and combined with rest periods between 60-70 days in summer, increases soil seed reserves and promote pasture renewal by seedling recruitment of White clover and Lotus species.

9 BIBLIOGRAFÍA.

1. ALTIER, N. 1990. Enfermedades en especies forrajeras. In Seminario Nacional de Campo Natural. Tacuarembó, 1990. Editorial Hemisferio Sur. pp 283-284.
2. _____. 1997. Enfermedades del Lotus en el Uruguay. Serie Técnica N°93. INIA La Estanzuela. ISBN: 9974-38-0389-9. 16p.
3. ALLEN, P. 1989. Arthropod pest and the persistence of pasture legumes in Australia. In Persistence of Forage Legumes. Editado por: G. Marten; A. Matches; R. Barnes; R. Brougham; R. Clements; G. Sheath. ASA, CSSA, SSSA. Madison, Wisconsin, USA. ISBN: 0-89118-098-2. pp 419-440.
4. ANDERSON, S. 1955. Development of pods and seeds of *Lotus corniculatus* as related to maturity and seed yields. *Agronomy Journal* 47: 483-487.
5. ARANA, S.; PIÑEIRO, G. 1999. Déficit hídrico y manejo, su influencia en la demografía y producción del Trébol blanco. Tesis presentada para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía. Montevideo, Uruguay, 109 p.
6. ARCHER, K.; ROBINSON, G. 1989. The role of stolons and seedlings in the persistence and production of White clover (*Trifolium repens* L. cv. Huia), in temperate pastures on the northern tablelands, New South Wales. *Australian Journal of Agricultural Research* 41: 891-900.
7. AYALA, W.; CARÁMBULA, M. 1996. Mejoramientos extensivos en la Región Este: Implantación y especies. In Actualización en el Manejo de Pasturas. INIA Tacuarembó. Serie Técnica N° 80. ISBN: 9974-38-068-5. pp 169-175.
8. _____.; BERMÚDEZ, R.; CARÁMBULA, M.; RISSO, D.; TERRA, J. 1999. Diagnostico, Propuestas y Perspectivas de Pasturas en le Región Este. Producción Animal, UEPP. INIA Treinta y Tres. Serie Actividades de Difusión N°195.98p.
9. _____. 2001. Defoliation management of birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus*). Thesis presented for the Degree of Doctor of Philosophy in the Institute of Natural Resources. Massey University, New Zealand. 228 p.
10. AYERS, A. 1952. Seed germination as affected by soil moisture and salinity. *Agronomy Journal* 44: 82-84.

11. BAKER, H. 1989. Some aspects of the natural history of seed banks. In Ecology of soil seed bank. Editado por: M. Allesio; V. Thomas; R. Simpson. San Diego, California, Academic Press Inc. ISBN: 0-12-440406-5. pp 10-19.
12. BARNES, R.; BREAD, J. 1992. Glossary of Crop Science Terms. CSSA, Madison, Wisconsin, USA.
13. BASKIN, J.; BASKIN, C. 1989. Physiology of dormancy and germination in relation to seed bank ecology. In Ecology of soil seed bank. Editado por: M. Allesio; V. Thomas; R. Simpson. San Diego, California, Academic Press Inc. ISBN: 0-12-440406-5. pp 54-65.
14. BEHINHART, G. 1963. Effects of environmental on meristematic development leaf area, and growth of White clover. *Crop Science* 3: 209-213.
15. BEHMAJA, M. 1996. Producción de pasturas en Basalto. In Actualización en Manejo de Pasturas. INIA Tacuarembó. Serie Técnica N° 80. ISBN: 9974-38-068-5. pp 231-240.
16. BERBERET, R.; DOWDY, A. 1989. Insects that reduce persistence and productivity of forage legumes in USA. In Persistence of Forage Legumes. Editado por: G. Marten; A. Matches; R. Barnes; R. Brougham; R. Clements; G. Sheath. ASA, CSSA, SSSA. Madison, Wisconsin, USA. ISBN: 0-89118-098-2. pp 481-500.
17. BERRETA, E. 1998. Efecto del pastoreo y la introducción de especies en la evolución de la composición botánica de pasturas naturales. In Seminario de Actualización en Tecnologías para Basalto. INIA Tacuarembó. Serie Técnica N° 102. ISBN: 9974-38-094-4. pp 91-97.
18. BIELESKI, R. 1973. Phosphate pools, phosphate transport, and phosphate availability. *Annual Review of Plant Physiology* 24: 225-252.
19. BLASER, R.; KILLINGER, G. 1950. Life history studies of Louisiana White clover. Seed germination as related to temperature, pasture management and adaptation. *Agronomy Journal* 42: 215-220.
20. BOHLOOL, B. 1989. Rhizobial Ecology in Tropical Pasture Systems. In Persistence of Forage Legumes. Editado por: G. Marten; A. Matches; R. Barnes; R. Brougham; R. Clements; G. Sheath. ASA, CSSA, SSSA. Madison, Wisconsin, USA. ISBN: 0-89118-098-2. pp 233-245.

21. BOLOGNA, J. 1996. Studies on Strategies for Perennial Legume Persistence in Lowland Pastures. Thesis of Master of Agricultural Sciences at Lincoln University, Canterbury, New Zealand. 220 p.
22. BOONMAN, J. 1980. Seed production of tropical grasses in Kenya. *In* Seed Production. Editado por: P. D. Hebblethwaite. Butterworths, Londres. pp. 215-227.
23. BOUTON, J.; SUMNER, M. 1983. Alfalfa in highly weathered acid soils. *Plant Soil* 74: 430-436.
24. BRIGGS, M. 1990. Chemical defence production in *Lotus corniculatus*. The effects of nitrogen source on growth, reproduction and defence. *Oecologia* 83: 27-31.
25. BROCK, J.; CARADUS, J. 1996. Influence of grazing on White clover population performance and genotypic frequency. *Grassland Research and Practice Series* 6: 79-82.
26. BROUGHAM, R. 1970. Frequency and intensity of grazing and their effects on pasture production. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association* 32: 137-144.
27. BUHLER, D.; HARTZEL, R.; FORCELLA, F. 1998. Weed Seed Bank Dynamics. *Journal of Crop Production* 1: 145-168.
28. BUXTON, D. 1989. Major edaphic and climatic stresses in the USA. *In* Persistence of Forage Legumes. Editado por: G. Marten; A. Matches; R. Barnes; R. Brougham; R. Clements; G. Sheath. ASA, CSSA, SSSA. Madison, Wisconsin, USA. ISBN: 0-89118-098-2. pp 217-232.
29. CARADUS, J. MACKAY, A.; PRITCHARD, M. 1987. Towards the improvement of the aluminium tolerance of White Clover. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association* 48:163-169.
30. _____; WILLIAMS, W. 1989. Breeding for legume persistence in New Zealand. *In* Persistence of Forage Legumes. Editado por: G. Marten; A. Matches; R. Barnes; R. Brougham; R. Clements; G. Sheath. ASA, CSSA, SSSA. Madison, Wisconsin, USA. ISBN: 0-89118-098-2. pp 324-326.
31. _____; WOODFIELD, D.; STEWART, A. 1995. Overview and vision for White clover. *In* White Clover: New Zealand competitive edge. Editado por: D. R. Woodfield. New Zealand Grassland Association, Palmerson North, New Zealand. 1996. ISBN: 0-473-03799-8. pp 1-7.

32. CARÁMBULA, M. 1977. Producción y Manejo de Pasturas Sembradas. 1ª edición. Hemisferio Sur, Montevideo, Uruguay. 464p.
33. _____. 1981. Producción de Semillas de Plantas Forrajeras. 1ª edición. Montevideo, Uruguay. Hemisferio Sur. 518p.
34. _____. 1983. Descripción del problema. *In* Reunión Técnica sobre Persistencia de Pasturas mejoradas, (1982, Colonia) Diálogo V. Montevideo, García, J.; IICA-Cono Sur/BID. pp 19-22.
35. _____. 1992. Manejo de praderas. INIA Treinta y Tres. Boletín de Divulgación N° 17. ISBN: 9974-556-20-1. 16p.
36. _____. 1996. Pasturas Naturales Mejoradas. 1ª edición. Montevideo, Uruguay, Editorial agropecuaria Hemisferio Sur S.R.L. ISBN: 9974-645-00-x. 524 p.
37. _____.; TERRA, J.; 2000. Las sequías: Antes, durante y después. Boletín de Divulgación N°74. INIA Treinta y Tres. ISBN: 9974-38-116-9. 134 p.
38. CASTRO, J.; ZAMUZ, M.; BARBOZA, S. 1981. Investigaciones Agronómicas, CIAAB Uruguay. II:56-67.
39. CAVERS, P.; BENOIT, D. 1989. Seed banks in arable land. *In* Ecology of soil seed bank. Editado por: M. Allesio; V. Thomas; R. Simpson. San Diego, California, Academic Press Inc. ISBN: 0-12-440406-5. pp 312.
40. CLEMENTS, B. 1989. General discussion of major edaphic and climatic stresses. *In* Persistence of Forage Legumes. Editado por: G. Marten; A. Matches; R. Barnes; R. Brougham; R. Clements; G. Sheath. ASA, CSSA, SSSA. Madison, Wisconsin, USA. ISBN: 0-89118-098-2. pp 247.
41. CLIFFORD, P. 1979. Effects of closing date on potential seed yield of White Clover. *New Zealand Journal of Experimental Agriculture* 7: 303-306.
42. COOPER, C. 1977. Growth of the legume seedling. *Advances in Agronomy* 29: 119-139.
43. CRUSH, J. 1987. Nitrogen fixation. *In* White Clover. Editado por: M. Baker; W. William. Grassland Division, Palmerson North, New Zealand. ISBN: 0-85198-529-7. pp 185-195.
44. CHAPMAN, D. 1987. Natural reseeding and *Trifolium repens* demography in grazed hill pastures. *Journal of Applied Ecology* 24: 1037-1043.

45. _____.; LEMAIRE, G. 1993. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. *In* Proceedings of the XVII International Grassland Congress. pp 95-104.
46. _____.; PARSONS, A.; SCHWINNING, S. 1995. Management of clover in grazed pastures: expectations, limitations and opportunities. *In* White Clover: New Zealand competitive edge. Editado por: D. R. Woodfield. New Zealand Grassland Association, Palmerson North, New Zealand 1996. ISBN: 0-473-03799-8. pp 55-64
47. DAVIDSON, I.; CULVENOR, R.; SIMPSON, R. 1990. Effects of previous defoliation regime and mineral nitrogen on regrowth in White clover swards: photosynthesis, respiration, nitrogenase activity and growth. *Annals of Botany* 65: 665-677.
48. DONALD, C. 1963. Competition among crop and pasture plants. *Advances in Agronomy* 15: 1-119.
49. DONEEN, D.; Mc GILLIVRAY, J. 1943. Germination of vegetable seed as affected by different soil conditions. *Plant Physiology* 18: 542-549.
50. DUNLOP, J.; HART, A. 1987. Mineral nutrition. *In* White Clover. Editado por: M. Baker; W. William. Grassland division, Palmerson North, New Zealand. ISBN: 0-85198-529-7. pp 153-173.
51. EGLEY, G. 1986. Stimulation of weed seed germination in soil. *Review of Weed Science* 2: 67-89.
52. EMERY, K.; BEUSELINK, P.; ENGLISH, J. 1999. Evaluation of the population dynamics of the forage legume *Lotus corniculatus* using matrix population models. *New Phytologist* 144: 549-560.
53. EVANS, P.; HALL, E. 1995. Seed softening patterns from single seed crops of *Trifolium subterraneum* L. in a cool temperature environment. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 35: 1117-1121.
54. FENNER, M. 1987. Seedlings. *New Phytologist* 106: 35-47.
55. FISHER, M.; THORNTON, P. 1989. Growth and competition as factors in the persistence of legumes in pastures. *In* Persistence of Forage Legumes. Editado por: G. Marten; A. Matches; R. Barnes; R. Brougham; R. Clements; G. Sheath. ASA, CSSA, SSSA. Madison, Wisconsin, USA. ISBN: 0-89118-098-2. pp 293-310.

56. FORCELLA, F.; GILL, M. 1985. Manipulation of buried seed reserves by timing of soil tillage in Mediterranean-type pastures. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 26: 71-77.
57. FORMOSO, F. 1996. Producción de semillas de especies forrajeras. In Actualización en Manejo de Pasturas. INIA Tacuarembó. Serie Técnica N° 80. ISBN: 9974-38-068-5. pp 85-92.
58. FRAME, J. 1983. Resumen y conclusiones. In Reunión Técnica sobre Persistencia de Pasturas Mejoradas, Diálogo V. Montevideo, García, J.; IICA-Cono Sur/BID. pp 95-105.
59. FRASER, W.; OGDEN, S.; WOODMAN, R.; LOWTHER, W. 1994. Role of reseedling and seedling recruitment for sustainable *Lotus corniculatus* based pastures in dry hill and high country. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association* 56: 139-142.
60. GARCIA, J.; FORMOSO, F.; RISSO, D.; ARROSPIDE, C.; OTT, P. 1981. Factores que afectan la productividad y estabilidad de praderas. Centro de Investigaciones Agrícolas Alberto Boerger, La Estanzuela. Miscelanea N° 29. 21p.
61. _____; REBUFFO, M.; FORMOSO, F.; ASTOR, D. 1991. Producción de semillas forrajeras. Tecnologías en uso. INIA. Febrero 1991. 40p.
62. _____. 1992. Persistencia de leguminosas. Revista INIA de Investigaciones Agropecuarias N° 1, Tomo II. ISBN: 0797-5481. pp 143-156.
63. GORDON, A.; KESSLER, W.; MINCHIN, F. 1990. Defoliation induced stress in nodules of White Clover. *Journal of Experimental Botany* 41: 1245-1253.
64. GRIME, J.; JARVIS, B. 1975. Shade avoidance and shade tolerance in flowering plants. In Light as an Ecological Factor II. Editado por: R. Evans; R. Bainbridge. Blackwell, Oxford. pp 525-532.
65. GROSS, K. 1990. A comparison of methods for estimating seed numbers in the soil. *Journal of Ecology* 78: 1079-1093.
66. HANKS, R.; THORP, F. 1956. Seedling emergence of wheat as related to soil moisture content, bulk density, oxygen diffusion rate and crust strength. *Proceedings Soil Science Society American* 20: 307-310.

67. HARRIS, W. 1987. Population dynamics and competition. *In* White Clover. Editado por: M. Baker; W. William. Grassland division, Palmerson North, New Zealand. ISBN: 0-85198-529-7. pp 203-298.
68. HART, A.; HALLIGAN, G.; HASLEMORE, R. 1981. Analysis of the response of pasture legumes to phosphorus in a controlled environment. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 25: 69-76.
69. _____. 1987. Physiology. *In* White Clover. Editado por: M. Baker; W. William. Grassland Division, Palmerson North, New Zealand. ISBN: 0-85198-529-7. pp 125-140.
70. HARTMANN, H. 1984. Germinación. *In* Fisiología de la semilla. Montevideo. 1993. Facultad de Agronomía. 39p.
71. HAY, M.; HUNT, W. 1989. Competiton from associated species of white and red clover in grazed swards. *In* Persistence of Forage Legumes. Editado por: G. Marten; A. Matches; R. Barnes; R. Brougham; R. Clements; G. Sheath. ASA, CSSA, SSSA. Madison, Wisconsin, USA. ISBN: 0-89118-098-2. pp 143-156.
72. HILL, M.; LUCK, R. 1991. The effect of temperature on germination and seedling growth of temperate perennial pasture legumes. *Australian Journal of Agricultural Research* 42: 175-189.
73. _____.; HAMPTON, J.; ROWARTH, J. 1999. Herbage seeds. *In* New Zealand Pasture and Crop Science. Editado por J. White; J. Hodgson. Oxford, University Press, Auckland. ISBN 0-19-558375-2. pp. 249-262.
74. HOCHMAN, Z.; HEYLAR, K, 1989. Climate and edaphic constraints to the persistence of legumes in pastures. *In* Persistence of Forage Legumes. Editado por: G. Marten; A. Matches; R. Barnes; R. Brougham; R. Clements; G. Sheath. ASA, CSSA, SSSA. Madison, Wisconsin, USA. ISBN: 0-89118-098-2. pp 177-204.
75. HODGSON, J.; SHEATH, G. 1989. Plant-Animal factors influencing legume persistence. *In* Persistence of Forage Legumes. Editado por: G. Marten; A. Matches; R. Barnes; R. Brougham; R. Clements; G. Sheath. ASA, CSSA, SSSA. Madison, Wisconsin, USA. ISBN: 0-89118-098-2. pp 361-374.
76. HOSHINO, M. 1974. Traslocation and accumulation of assimilates and phosphorus in ladino clover. *Bulletin of the National Grassland Research Institute of Japan* 5: 35-84.

77. HOVELAND, C. 1989. Climate and edaphic constraints to the persistence of legumes in pastures. *In* Persistence of Forage Legumes. Editado por: G. Marten; A. Matches; R. Barnes; R. Brougham; R. Clements; G. Sheath. ASA, CSSA, SSSA. Madison, Wisconsin, USA. ISBN: 0-89118-098-2. pp 202.
78. HULL, A, 1973. Germination of range plants seeds after long periods of uncontrolled storage. *Journal of Range Management* 26: 198-200.
79. HUNTER, J.; ERICKSON, A. 1952. Relation of seed germination to moisture tension. *Agronomy Journal* 44: 107-109.
80. HUTCHINGS, M. 1997. The structure of plants populations. *In* Plant Ecology. Editado por: M. Crawley. pp 325-358.
81. HUTCHINSON, K. 1970. The persistence of perennial species under intensive grazing in a cool temperate environment. *Proceedings of the 11^a International Grasslands Congress*, Australia. pp 611-614.
82. HYDE, E.; McLEAVEY, M. 1959. Seed development in ryegrass, and in red and white clover. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 2: 947-952.
83. ISTA. (1985). International Rules for Seed Testing 1985. *Proceedings of the International Seed Testing Association* 13: 299-520.
84. JONES, R.; BUNCH, G. 1987. The effect of stocking rate on the population dynamics of Siratro (*Macroptilium atropurpureum*), Seed set, soil seed bank, seedling recruitment and seedling survival. *Australian Journal of Agricultural Research* 39: 221-234.
85. JONES, R.; NOGUCHI, M.; BUNCH, A. 1991. Levels of germinable seed in topsoil and cattle faeces in Legume-grass and N-fertilized pastures in South-East Queensland. *Australian Journal of Agricultural Research* 42: 953-968.
86. KEMP, P. 2001. Oversowing legumes into perennial pasture: can we do it better? <http://life.csu.edu.au/agronomy/papers/66/66.html>
87. KENNEY, D. 1985. Edaphic limitations and soil nutrient requirements of legume-based forage systems in the temperate USA. *In* Forage Legumes for energy- efficient animal production. Workshop, Palmerson North, New Zealand. pp 95-100.
88. KRETSCHMER, A. 1989. Tropical forage legume development, dispersity, and methodology for determining persistence. *In* Persistence of Forage Legumes. Editado por: G. Marten; A. Matches; R. Barnes; R. Brougham; R. Clements; G.

- Sheath. ASA, CSSA, SSSA. Madison, Wisconsin, USA. ISBN: 0-89118-098-2. pp 117-138.
89. LABANDERA, C.; MILIAN, A.; BARAIBAR, A.; PAGLIANO, D.; RUSSELL, H.; PASTORINI, D. 1990. Calidad de inoculantes, número de rizobios en la semilla y su efecto en la implantación y persistencia de las leguminosas. In Seminario Nacional de Campo Natural, 1990. Montevideo. Editorial Hemisferio Sur. pp 267-269.
 90. LANG, G. 1987. Dormición: una nueva terminología universal. In La dormición de los vegetales. Montevideo. 1992. Facultad de Agronomía. 20p.
 91. LEATH, K. 1989. Diseases and forage stand persistence in USA. In Persistence of Forage Legumes. Editado por: G. Marten; A. Matches; R. Barnes; R. Brougham; R. Clements; G. Sheath. ASA, CSSA, SSSA. Madison, Wisconsin, USA. ISBN: 0-89118-098-2. pp 465-480.
 92. L'HUILLIER, P.; AISLABIE, D. 1988. Natural reseeding in perennial ryegrass/white clover dairy pastures. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association* 49: 111-115.
 93. MAYER, A.; POLJAKOFF-MAYBER, A. 1963. The germination of seeds. In Fisiología de la semilla. Montevideo. 1993. Facultad de Agronomía. 39p.
 94. McIVOR, J.; JONES, R.; SHELTON, H. 1993. Population dynamics of sown species in developing pastures. *Tropical Grasslands* 27: 302-313.
 95. McKEE, G.W. (1963). Influence of daylength on flowering and plant distribution in birdsfoot trefoil. *Crop Science* 3:205-208.
 96. McWILLIAM, J.; CLEMENTS, R.; DOWLING, P. 1970. Some factors influencing the germination and early seedling development of pasture plants. *Australian Journal of Agricultural Research* 21: 19-32.
 97. MILLOT, J.; RISSO, D.; METHOL, R. 1987. Relevamiento de pasturas naturales y mejoramientos extensivos en áreas ganaderas del Uruguay. Informe Técnico. Montevideo, CHPA, FUCREA. 200p.
 98. MOLITERNO, E. 1999. Germinación y emergencia de plántulas. Paysandú. Facultad de Agronomía. 2p.
 99. NIE, Z.; VALENTINE, I.; MACKAY, A.; BARKER, D.; HODGSON, J. 1995. Long-term effects of pastoral fallowing on the distribution and performance of White clover in a hill country pasture. In White Clover: New Zealand competitive edge.

Editado por: D. R. Woodfield. New Zealand Grassland Association, Palmerson North, New Zealand, 1996. ISBN: 0-473-03799-8. pp 75-78.

100. _____. 1997. Influence of Pastoral Fallow on Natural Reeseeding in a Hill Pasture. Thesis for the Degree of Doctor of Philosophy. Massey University. Palmerson North, New Zealand. 185p.
101. NIKOLAEVA, M. 1969. Germinación. In Fisiología de la semilla. Montevideo. 1993. Facultad de Agronomía. 39p.
102. OLMOS, F. 1994. Persistencia de Mejoramientos Extensivos. INIA Tacuarembó. Serie Actividades de Difusión N°27. pp 11.
103. _____. 1996. Estrategias de persistencia y productividad de Lotus. Tesis de Maestría en Biología. PEDECIBA Montevideo, Uruguay, 102p.
104. _____. 2000. Variation and adaptation in *Trifolium repens* from pastures in Uruguay, whit a preliminary assessment of native clover, *Trifolium polymorphum*. Thesis presented for the Degree of Doctor of Philosophy in the Welsh Institute of Rural Studies. University of Wales Aberystwyth, U. K. 298 pp.
105. PRITSCH, O. 1979. Manejo de cortes en semilleros de Lotus. 2^{da}. Reunión Técnica de Facultad de Agronomía. Montevideo, Uruguay. 17p.
106. QUINLIVAN, B. 1966. The relationship between temperature fluctuations and the softening of hard seeds of some legumes species. *Australian Journal of Agricultural Research* 17: 625-631.
107. RICE, K. 1989. Impacts of seed banks on grassland community structure and population dynamics. In Ecology of soil seed bank. Editado por: M. Allesio; V. Thomas; R. Simpson. San Diego, California, Academic Press Inc. ISBN: 0-12-440406-5. pp 213-225.
108. RISSO, D.; COLL, J.; ZARZA, A. 1990. Evaluación de leguminosas para mejoramientos extensivos en suelos sobre cristalino. In Seminario Nacional de Campo Natural, (2°, 1990, Tacuarembó) 1990. Montevideo. Editorial Hemisferio Sur. pp 219-230.
109. _____. 1998. Mejoramientos extensivos en el Uruguay. In Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Area Tropical y Subtropical: Grupo Campos, Editado por E. Berreta INIA Tacuarembó, Salto 1998. ISBN: 9974-38-087-1. pp 23-29.

110. ROBERTS, C.; KARR, A.; MOHAMMADI, M.; MAREK, S.; BEUSELINCK, P. 1994. Chitinases in *Lotus corniculatus*. *Proceedings of The First International Lotus Symposium*. Editado por: P. Beuselinck; C. Roberts. Agricultural Research Service, Universidad de Missouri, Columbia, USA. pp 187-190.
111. ROBERTS, E. 1972. Dormancy: a factor affecting seed survival in the soil. *In Fisiología de la semilla*. Montevideo. 1993. Facultad de Agronomía. 39p.
112. ROBINSON, G. 1973. Management factors affecting White Clover dominance in natural pastures. *Journal of the Australian Institute of Agricultural Science* 39: 211-212.
113. ROBINSON, R. 1960. Germination of hard seed of white clover. *Agronomy Journal* 52: 212-214.
114. SAIBRO, J. 1983. Descripción del problema. *In Reunión Técnica sobre Persistencia de Pasturas Mejoradas, Diálogo V*. Editado por J García; IICA-Cono Sur/BID, Colonia, 1982. pp 11-17.
115. SALDANHA, S.; MILLOT, J.; BENTANCOUR, O. 2001. .Mejoramientos extensivos de leguminosas con distintos manejos de pastoreo. Jornada de pasturas, 26 de Octubre del 2001. Proyecto "Difusión de la EEMAC" Universidad de la República, Estación Experimental "Dr. Mario A. Cassinoni ". Paysandú, Uruguay.
116. SANTIÑAQUE, F. 2001. Defoliación y déficit hídrico: su influencia en el crecimiento de la pastura y uso del agua del Trébol blanco. Jornada de pasturas, 26 de Octubre del 2001. Proyecto "Difusión de la EEMAC" Universidad de la República, Estación Experimental "Dr. Mario A. Cassinoni ". Paysandú, Uruguay.
117. SANTIÑAQUE, F.; DE BATTISTA, J. 2001. Frecuencia de defoliación y niveles de agua en el suelo: su influencia sobre la producción de forraje, crecimiento de raíces y uso del agua en *Lotus corniculatus*. Jornada de pasturas, 26 de Octubre del 2001. Proyecto "Difusión de la EEMAC" Universidad de la República, Estación Experimental "Dr. Mario A. Cassinoni ". Paysandú, Uruguay.
118. SCOTT, D.; HOGLUND, J.; CRUSH, J.; KEOGHAN, J. 1989. Environmental selection of legumes. *In Persistence of Forage Legumes*. Editado por: G. Marten; A. Matches; R. Barnes; R. Brougham; R. Clements; G. Sheath. ASA, CSSA, SSSA. Madison, Wisconsin, USA. ISBN: 0-89118-098-2. pp 205-214.
119. SHEAFFER, C. 1989. Effect of competition on legume persistence. *In Persistence of Forage Legumes*. Editado por: G. Marten; A. Matches; R. Barnes; R.

- Brougham; R. Clements; G. Sheath. ASA, CSSA, SSSA. Madison, Wisconsin, USA. ISBN: 0-89118-098-2. pp 327-334.
120. SHEATH, G. 1989. General discussion of major edaphic and climatic stresses. In Persistence of Forage Legumes. Editado por: G. Marten; A. Matches; R. Barnes; R. Brougham; R. Clements; G. Sheath. ASA, CSSA, SSSA. Madison, Wisconsin, USA. ISBN: 0-89118-098-2. pp 248.
121. _____.; POTTINGER, R.; CORNFORTH, I. 1989. Informe de los consultores sobre la estabilidad de las pasturas en el Uruguay. Revista Plan Agropecuario. Suplemento especial. 32p.
122. SILVERTOWN, J. 1980. Leaf canopy induced dormancy in grassland flora. *New Phytologist* 85: 109-118.
123. SIMPSON, R.; ALLESSIO, M.; THOMAS, V. 1989. Seed banks: general concepts and methodological issues. In Ecology of soil seed bank. Editado por: M. Allesio; V. Thomas; R. Simpson. San Diego, California, Academic Press Inc. ISBN: 0-12-440406-5. pp 3-7.
124. STEPHENSON, A. 1984. The regulation of maternal investment in an indeterminate flowering plant (*Lotus corniculatus*). *Ecology* 65: 113-121.
125. STEVENSON, C.; LAIDLAW, A. 1985. The effects of moisture stress on stolon and adventitious root development in White clover. *Plant and Soil* 85: 249-257.
126. STODDART, J. 1961. Factors affecting seed production of Red Clover. *Report Welsh Plant Breeding Station*. 1960. pp 8-94.
127. SUCKLING, F. 1960. Productivity of pasture species on hill country. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 3: 579-591.
128. _____.; CHARLTON, J. 1978. A review of the significance of buried legume seeds with particular reference to New Zealand Agriculture. *New Zealand Journal of Experimental Agriculture* 6: 211-215.
129. SUTHERLAND, B.; HOGLUND, J. 1989. Effects of the ryegrass endophyte (*Acremonium lolii*) on associated White clover and subsequent crops. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association* 50: 20-27.
130. TAYLOR, G. 1981. Effects of constant temperature followed by fluctuating temperatures on the softening of hard seeds of *Trifolium subterraneum* L. *Australian Journal of Plant Physiology* 8: 547-558.

131. THOMAS, R. G. 1987. Reproductive Development. *In* White Clover. Editado por: M. Baker; W. William. Grassland Division, Palmerson North, New Zealand. ISBN: 0-85198-529-7. pp 63-124.
132. _____.; SIMPSON, R.; ALLESIO, M. 1989. Pattern and process in the dynamics of seed banks. *In* Ecology of soil seed bank. Editado por: M. Allesio; V. Thomas; R. Simpson. San Diego, California, Academic Press Inc. ISBN: 0-12-440406-5. pp 370-381.
133. THOMPSON, T.; FICK, G. 1981. Growth response of alfalfa to duration of soil flooding and temperature. *Agronomy Journal* 73: 329-332.
134. TILMAN, D. 1982. Resource competition and community structure. Princeton University Press. Princeton, USA.
135. TOTHILL, J. 1978. Comparative aspects of the ecology of pastures. *In* Plants relation in pastures. Editado por: J. Wilson. CSIRO. East Melbourne, Australia.
136. TURNER, N. 1986. Crop water deficits: a decade of progress. *Advances in Agronomy* 39:1-51.
137. VAN DER VALK, A.; PEDERSON, R. 1989. Seed banks and the management and restoration of natural vegetation. *In* Ecology of soil seed bank. Editado por: M. Allesio; V. Thomas; R. Simpson. San Diego, California, Academic Press Inc. ISBN: 1-12-440406-5. pp 330.
138. VEGIS, A. 1964. Dormancy in higher plants. *Annual Review Plant Physiology* 15: 185-224.
139. WATSON, R.; SKIPP, R.; BARRATT, B. 1989. Initiatives in pest and disease control in New Zealand towards. *In* Persistence of Forage Legumes. Editado por: G. Marten; A. Matches; R. Barnes; R. Brougham; R. Clements; G. Sheath. ASA, CSSA, SSSA. Madison, Wisconsin, USA. ISBN: 0-89118-098-2. pp 449-449.
140. _____.; BARKER, G. 1993. Towards improving the role of legumes for grassland sustainability. *In* *Proceeding of 6th. Australasian Grassland Invertebrate Ecology Conference*. Ag. Research, Hamilton, New Zealand.
141. WOODFIELD, D.; CARADUS, J. R. 1996. Factors affecting White Clover persistence in New Zealand pastures. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association* 58: 229-235.

142. ZALESKI, A. 1961. White Clover investigations. Effects of seed rates and cutting treatments on flower formation and seed yield. *Journal of Agricultural Science UK* 57: 199-212.